



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR
LIMBAH DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH DOMESTIK DI KELURAHAN BULAK
BANTENG, KOTA SURABAYA**

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

Dosen Pembimbing
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR
LIMBAH DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH DOMESTIK DI KELURAHAN BULAK
BANTENG, KOTA SURABAYA**

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

Dosen Pembimbing
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - RE 141581

**DESIGN OF DOMESTIC WASTEWATER
COLLECTION SYSTEM AND WASTEWATER
TREATMENT SYSTEM IN BULAK BANTENG,
SURABAYA CITY**

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

SUPERVISOR
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KELURAHAN BULAK BANTENG, KOTA SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memenuhi Gelar Sarjana Teknik
Pada

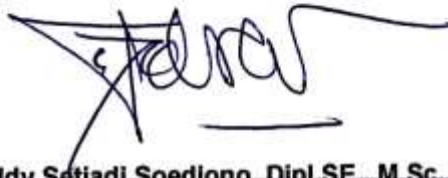
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

IQBAL FAHMI DARMAWAN

NRP. 03211440000032

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19600308 198903 1 001



PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KELURAHAN BULAK BANTENG, KOTA SURABAYA

Nama Mahasiswa : Iqbal Fahmi Darmawan
NRP : 03211440000032
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.,
M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Salah satu permasalahan lingkungan yang sering dijumpai akibat pembuangan air limbah domestik yang tidak diolah terlebih dahulu. Berbagai upaya dilakukan untuk menangani permasalahan lingkungan yang disebabkan pembuangan air limbah, seperti *Sustainable Development Goals* (SDGs) dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJMN) 2015-2019 bidang Cipta Karya yakni 100 : 0 : 100. Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Air Limbah yang memiliki tujuan pengendalian air limbah dilakukan untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air melalui upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air dengan menetapkan Rencana Induk Sistem Pengolahan Air Limbah. Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya dilakukan perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mendukung upaya tersebut.

Daerah perencanaan adalah Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya dengan jumlah penduduk terlayani tahun 2040 sebesar 38.974 jiwa. Desain SPAL yang digunakan adalah *shallow sewer* yang terbagi 3 zona yang masing-masing zona terhubung dengan pipa perlintasan untuk menyalurkan *blackwater* dan *greywater*. Alternatif IPAL yang direncanakan adalah *Barscreen*, Sumur Pengumpul, Bak Pengendap I, Unit Parit Oksidasi, dan Bak Pengendap II. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.68 Tahun 2016 tentang Air Limbah Domestik.

Kata kunci: Aerobik, Air Limbah Domestik, IPAL, Kelurahan Bulak Banteng, SPAL.

DESIGN OF DOMESTIC WASTEWATER COLLECTION SYSTEM AND WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN BULAK BANTENG, SURABAYA CITY

Name : Iqbal Fahmi Darmawan
NRP : 03211440000032
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE.,
M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

One of the environmental problems that is often encountered due to the disposal of domestic wastewater that is not processed first. Various efforts were made to address environmental problems caused by waste water disposal, such as Sustainable Development Goals (SDGs) and Medium Term Development Plan (RPJMN) 2015-2019 in the field of Human Settlements that is 100: 0: 100. Surabaya City Regulation No. 12 of 2016 Water Quality Management and Wastewater Control which has the objective of wastewater control is carried out to ensure water quality in accordance with water quality standards through prevention and control of water pollution and water quality restoration by stipulating the Master Plan of Wastewater Treatment System. Kelurahan Bulak Banteng, Surabaya City is planned for Waste Water Distribution System (SPAL) and Wastewater Treatment Plant (IPAL) to support the effort.

The planning area is Bulak Banteng Village, Surabaya City with total population served by 2040 for 38.974 people. The SPAL design used is the shallow sewer which is divided into 3 zones which each zone is connected with the pipe crossing to channel blackwater and greywater. The planned IPAL alternatives are Barscreen, Collecting Well, Sedimentation I, Oxidation Ditch, and Clarifier. The quality standard used is the Regulation of the Minister of Environment No. 68 of 2016 on Domestic Wastewater.

Key words: Aerobic, Wastewater, IPAL, Bulak Banteng, SPAL.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi tugas mata kuliah Tugas Akhir serta meningkatkan kemampuan pemahaman bidang teknik lingkungan. Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Saya mengucapkan terimakasih atas segala ilmu dan bimbingan yang telah diberikan.
2. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc., Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng., dan Ibu Alia Damayanti, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pengarah. Saya mengucapkan terimakasih atas segala saran serta masukan yang diberikan kepada penulis.
3. Orang tua penyusun, Riyanto dan Sugiyarti atas segala do'a serta nasihatnya.
4. Rekan mahasiswa Teknik Lingkungan angkatan 2014 yang telah mendukung serta membantu tugas akhir ini.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini telah diupayakan sebaik-baiknya, namun masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna hasil yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACK	iii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Perencanaan	2
1.4 Ruang Lingkup.....	2
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sanitasi	5
2.2 Air Limbah Domestik.....	6
2.2.1 Sumber Air Limbah Domestik.....	6
2.2.2 Karakteristik Air Limbah Domestik	6
2.2.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik	8
2.3 Debit Air Limbah Domestik	8
2.3.1 Debit Air Limbah Rata-rata.....	9
2.3.2 Debit Air Limbah Puncak dan Minimum	9
2.4 Sistem Penyaluran Air Limbah	10
2.4.1 Jenis Sistem Penyaluran Air Limbah.....	10
2.4.2 Bangunan Pelengkap	12
2.5 Proses Pengolahan Air Limbah	16
2.6 Teknologi Pengolahan Air Limbah.....	18
2.6.1 Bak Ekualisasi	18
2.6.2 <i>Grease Trap</i>	18
2.6.3 <i>Anaerobic Baffled Reactor</i>	19
2.6.4 <i>Anaerobic Filter (AF)</i>	19
2.6.5 <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)</i>	20
2.6.6 <i>Aerobic Filter (Biofilter Aerobik)</i>	21
2.6.7 Unit Parit Oksidasi	21
2.6.8 <i>Moving Bed Biofilter Reactor (MBBR)</i>	22
2.7 Kelayakan Ekonomi	23
BAB 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN	25
3.1 Gambaran Umum Lokasi Perencanaan	25

3.2 Kondisi Sanitasi Wilayah Perencanaan	25
3.3 Lokasi Perencanaan IPAL	27
BAB 4 METODE PERENCANAAN	29
4.1 Gambaran Umum Perencanaan	29
4.2 Kerangka Perencanaan	29
4.3 Rangkaian Kegiatan Perencanaan	32
BAB 5 ANALISIS HASIL SURVEI MASYARAKAT DAN PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH	37
5.1 Analisis Survei Masyarakat.....	37
5.1.1 Ketersediaan Sarana Air Limbah.....	39
5.1.2 Aspek Sikap Masyarakat	41
5.2 Pendapat Tokoh Masyarakat.....	45
5.3 Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah	46
5.3.1 Daerah Pelayanan	46
5.3.2 Proyeksi Penduduk.....	47
5.3.3 Alternatif Sistem Penyaluran Air Limbah	51
5.3.4 Perhitungan Debit Air Limbah.....	51
5.4 Pembebanan Perpipaan Air Limbah.....	59
5.5 Dimensi Perpipaan Air Limbah	68
5.6 Penanaman Perpipaan Air Limbah	72
5.7 Bangunan Pelengkap.....	74
5.7.1 Bak Kontrol	74
5.7.2 <i>Manhole</i>	74
5.7.3 Stasiun Pompa	75
BAB 6 PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH	79
6.1 Tahap Perencanaan Awal	79
6.1.1 Periode Perencanaan IPAL	79
6.1.2 Kuantitas dan Kualitas Air Limbah Domestik	79
6.1.3 Pemilihan Jenis Pengolahan	80
6.1.4 Keseimbangan Massa	83
6.1.5 Kriteria Perencanaan	86
6.2 Tahap Perencanaan Teknik Terinci.....	87
6.2.1 Sumur Pengumpul	87
6.2.2 <i>Barscreen</i>	92
6.2.3 Bak Pengendap I	93
6.2.4 Unit Parit Oksidasi	100
6.2.5 Bak Pengendap II	106
6.2.6 Desinfeksi	113

6.2.7 <i>Thickener</i>	115
6.2.8 <i>Sludge Drying Bed</i>	116
6.3 Pengoperasian dan Pemeliharaan	117
6.3.1 Sistem Penyaluran Air Limbah	118
6.3.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah	121
BAB 7 BILL OF QUANTITY, RENCANA ANGGARAN BIAYA, DAN ANALISIS EKONOMI	125
7.1 Perpipaan	125
7.2 Bangunan Pelengkap	133
7.2.1 <i>Manhole</i>	133
7.2.2 Bak Kontrol	134
7.3 Galian dan Urugan Pipa	135
7.3 BOQ dan RAB IPAL	142
7.3.1 Sumur Pengumpul	146
7.3.2 <i>Barscreen</i>	148
7.3.3 Bak Pengendap I	149
7.3.4 Unit Parit Oksidasi	151
7.3.5 Bak Pengendap II	152
7.3.6 Desinfeksi	154
7.3.7 <i>Thickener</i>	154
7.3.8 <i>Sludge Drying Bed</i>	155
7.4 Total RAB SPAL dan IPAL	157
7.5 Biaya Operasional	157
7.6 Analisis Ekonomi	158
BAB 8 KESIMPULAN DAN SARAN	161
8.1 Kesimpulan	161
8.2 Saran	161
DAFTAR PUSTAKA	163
BIOGRAFI PENULIS	167

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik <i>Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section</i>	11
Gambar 2. 2 Skema <i>Head Pompa</i>	15
Gambar 2. 3 <i>Anaerobic Baffled Reactor (ABR)</i>	19
Gambar 2. 4 <i>Anaerobic Filter</i>	20
Gambar 2. 5 <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>	20
Gambar 2. 6 <i>Aerobic Filter</i>	21
Gambar 2. 7 Unit Parit Oksidasi	22
Gambar 2. 8 <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i>	22
Gambar 3. 1 Saluran Drainase di Kelurahan Bulak Banteng	26
Gambar 3. 2 Kondisi Jalan di Kelurahan Bulak Banteng	26
Gambar 3. 3 Lokasi Perencanaan IPAL	27
Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan.....	31
Gambar 5. 1 Komposisi Pekerjaan Masyarakat Kelurahan Bulak Banteng.....	38
Gambar 5. 2 Komposisi Pendidikan Masyarakat Kelurahan Bulak Banteng.....	38
Gambar 5. 3 Komposisi Penghasilan Masyarakat Kelurahan Bulak Banteng.....	39
Gambar 5. 4 Kepemilikan WC/ kakus Rumah Tangga	40
Gambar 5. 5 Kepemilikan Tangki Septik Rumah Tangga	40
Gambar 5. 6 Waktu Pengurusan Tangki Septik	40
Gambar 5. 7 Biaya Retribusi Pengelolaan Air Limbah	45
Gambar 5. 8 Garis Linear Metode <i>Least Square</i>	50
Gambar 5. 9 Grafik Hubungan Debit dan Head Pompa.....	77
Gambar 6. 1 Grafik Fluktuasi Air Limbah	89
Gambar 6. 2 Grafik Hubungan Debit dan Head Pompa.....	91
Gambar 6. 3 Sketsa Penampang Ruang Lumpur	98
Gambar 6. 4 Hubungan Solid Flux dengan MLSS	107
Gambar 7. 1 Galian Normal Pipa Penyalur Air Limbah.....	136
Gambar 7. 2 Bentuk Galian yang Direncanakan Sepanjang Saluran	137

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik	8
Tabel 2. 2 Jarak Antar <i>Manhole</i> pada Jalur Lurus	13
Tabel 2. 3 Perbandingan Pengolahan Anaerobik dan Aerobik ...	17
Tabel 5. 1 Profil Umur Responden	37
Tabel 5. 2 Perhitungan Skala Likert 1	41
Tabel 5. 3 Interval Presentasi Nilai Skala Likert.....	43
Tabel 5. 4 Perhitungan Skala Likert 2	43
Tabel 5. 5 Perhitungan Skala Likert 3	44
Tabel 5. 6 Perhitungan Skala Likert 4	44
Tabel 5. 7 Jumlah Penduduk Terayani.....	46
Tabel 5. 8 Pembagian Blok Pelayanan Zona 1 dan Zona 2.....	47
Tabel 5. 9 Pembagian Blok Pelayanan Zona 3 Eksisting	47
Tabel 5. 10 Data Penduduk Kelurahan Bulak Banteng.....	48
Tabel 5. 11 Nilai Korelasi Metode Aritmatik	49
Tabel 5. 12 Nilai Korelasi Metode Geometrik.....	49
Tabel 5. 13 Nilai Korelasi Metode <i>Least Square</i>	49
Tabel 5. 14 Jumlah Penduduk Zona 3 Hasil Proyeksi	50
Tabel 5. 15 Jumlah Penduduk Kelurahan Bulak Banteng.....	51
Tabel 5. 16 Pemakaian Air Bersih di Kelurahan Bulak Banteng.....	52
Tabel 5. 17 Debit Air Limbah Zona 1 dan Zona 2	59
Tabel 5. 18 Debit Air Limbah Zona 3.....	59
Tabel 5. 19 Pembebanan Zona 1	60
Tabel 5. 20 Pembebanan Pipa Zona 2.....	66
Tabel 5. 21 Pembebanan Zona 3.....	67
Tabel 5. 22 Volume Air Gelontor tiap Blok	72
Tabel 5. 23 Jenis dan Jumlah <i>Manhole</i> Daerah Pelayanan.....	75
Tabel 6. 1 Kualitas Air Limbah Domestik	80
Tabel 6. 2 Efisiensi Removal Unit	80
Tabel 6. 3 Alternatif Pengolahan 1	81
Tabel 6. 4 Alternatif Pengolahan 2	81
Tabel 6. 5 Alternatif Pengolahan 3	81
Tabel 6. 6 Matriks Pemilihan Biaya Investasi dan O.M.....	82
Tabel 6. 7 Matriks Pemilihan Kebutuhan Lahan	83
Tabel 6. 8 Matriks Pemilihan Kebutuhan SDM.....	83
Tabel 6. 9 Kualitas Influen Limbah Unit Bak Pengendap I.....	84
Tabel 6. 10 Massa Influen Limbah Unit Bak Pengendap I.....	84
Tabel 6. 11 Massa Removal Limbah Unit Bak Pengendap I.....	84

Tabel 6. 12 Massa Efluen Limbah Unit Bak Pengendap I.....	84
Tabel 6. 13 Kualitas Efluen Limbah Unit Bak Pengendap I.....	85
Tabel 6. 14 Massa Influen Limbah Unit Parit Oksidasi.....	85
Tabel 6. 15 Massa Removal Limbah Unit Parit Oksidasi	85
Tabel 6. 16 Massa Efluen Limbah Unit Parit Oksidasi	85
Tabel 6. 17 Kualitas Efluen Limbah Unit Parit Oksidasi	86
Tabel 6. 18 Fluktuasi Debit Air Limbah.....	88
Tabel 6. 19 Spesifikasi Rotor.....	103
Tabel 6. 20 Kualitas Air Limbah Efluen	115
Tabel 6. 21 Kandungan Lumpur IPAL	115
Tabel 7. 1 Jumlah Pipa Tiap Jalur Zona 1	125
Tabel 7. 2 Jumlah Pipa Tiap Jalur Zona 2.....	131
Tabel 7. 3 Jumlah Pipa Tiap Jalur Zona 3.....	132
Tabel 7. 4 <i>Bill of Quantity Manhole</i>	134
Tabel 7. 5 HSPK 1 Unit Manhole Tipikal	134
Tabel 7. 6 HSPK 1 Unit Bak Kontrol Tipikal	135
Tabel 7. 7 RAB Bangunan Pelengkap.....	135
Tabel 7. 8 Standar Urugan Galian yang Diperkenankan.....	136
Tabel 7. 9 Analisis HSPK Sistem Penyaluran Air Limbah.....	139
Tabel 7. 10 RAB SPAL	142
Tabel 7. 11 HSPK IPAL	142
Tabel 7. 12 RAB Sumur Pengumpul	148
Tabel 7. 13 RAB <i>Barscreen</i>	148
Tabel 7. 14 RAB Bak Pengendap II.....	150
Tabel 7. 15 RAB Parit Oksidasi	152
Tabel 7. 16 RAB Bak Pengendap II.....	153
Tabel 7. 17 RAB Desinfeksi.....	154
Tabel 7. 18 RAB <i>Thickener</i>	155
Tabel 7. 19 RAB <i>Sludge Drying Bed</i>	156
Tabel 7. 20 RAB Unit IPAL Total	157
Tabel 7. 21 Total RAB SPAL dan IPAL	157
Tabel 7. 22 Biaya Operasional SPAL dan IPAL	158

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan
- Lampiran 2 Dimensi Pipa SPAL
- Lampiran 3 Penanaman Pipa SPAL
- Lampiran 4 BOQ Pipa SPAL
- Lampiran 5 Analisis Ekonomi
- Lampiran 6 Gambar *Detail Engineering Design*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang pesat khususnya di kota-kota besar telah menimbulkan permasalahan di bidang sanitasi lingkungan yakni peningkatan jumlah air limbah domestik. Buruknya kondisi sanitasi akan berdampak negatif di banyak aspek kehidupan, mulai dari turunnya kualitas lingkungan hidup masyarakat, tercemarnya sumber air minum bagi masyarakat, meningkatnya jumlah kejadian diare dan munculnya beberapa penyakit (Kementerian Kesehatan, 2016). *Sustainable Development Goals* (SDGs) merupakan sebuah kesepakatan pembangunan baru pengganti *Millennium Development Goals* (MDGs) yang masa berlakunya 2015-2030 memiliki salah satu tujuan dalam bidang sanitasi, yaitu pengolahan limbah rumah tangga yang diolah sesuai standar nasional (Hoelman dkk, 2015). Selain itu, upaya pencapaian target Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJMN) 2015-2019 bidang Cipta Karya yakni 100 : 0 : 100, dimana 100% akses air minum, 0% kawasan permukiman kumuh, dan 100% akses sanitasi layak. Secara nasional pada tahun 2016 terdapat 67,80% rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak (Kementerian Kesehatan, 2016).

Kota Surabaya sebagai salah satu kota di Jawa Timur yang telah melaksanakan program PPSP (Percepatan Pembangunan Sanitasi dan Permukiman) dari 154 kelurahan, terdapat 20 kelurahan atau sebesar 12,99% yang termasuk kategori kelurahan Berisiko Sangat Tinggi terhadap kesehatan lingkungan dan tersebar di seluruh wilayah Kota Surabaya. Dari 20 kelurahan yang Berisiko Sangat Tinggi, sebanyak 11 kelurahan atau sebesar 55,00% merupakan kelurahan di Surabaya Utara. Kelurahan Bulak Banteng yang memiliki jumlah penduduk sebesar 30.660 jiwa dengan tingkat kepadatan penduduk sebesar 11,483 jiwa/km² menjadi salah satu wilayah di Surabaya yang termasuk Berisiko Sangat Tinggi sehingga masuk kedalam prioritas utama program dan kegiatan pembangunan sanitasi (EHRA, 2015). Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, masyarakat di Kelurahan Bulak Banteng masih membuang limbah non kakus

(grey water) melalui saluran drainase karena belum memiliki sistem penyaluran dan pengolahan air limbah. Untuk limbah kakus (*black water*), Kelurahan Bulak Banteng mayoritas masyarakatnya sudah menggunakan tangki septik. Perencanaan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah di Kelurahan Bulak Banteng sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Air Limbah yang memiliki tujuan pengendalian air limbah dilakukan untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air melalui upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air dengan menetapkan Rencana Induk Sistem Pengolahan Air Limbah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari perencanaan ini adalah:

1. *Greywater* masih dibuang di saluran drainase dan efluen tangki septik yang meresap ke tanah.
2. Tidak adanya IPAL untuk air limbah domestik di Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya.
3. Biaya investasi dan *Operation and Maintenance* (O&M) yang diperlukan untuk sistem pengolahan air limbah.

1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Merencanakan SPAL yang sesuai untuk permukiman di Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya.
2. Merencanakan IPAL yang sesuai untuk permukiman di Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya.
3. Menghitung kelayakan ekonomi pembangunan SPAL dan IPAL untuk permukiman di Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari perencanaan ini adalah:

1. Lokasi perencanaan terletak di Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya.
2. Air limbah yang diolah berupa *grey water* dan *black water*.
3. Parameter yang diolah adalah BOD, COD, TSS, pH, ammonia, total coliform, minyak dan lemak.

4. Jenis penyaluran yang didesain yaitu saluran tersier, sekunder, dan primer.
5. Aspek yang dibahas adalah aspek teknis, aspek finansial, dan aspek ekonomi.
6. Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya, Tahun 2017.
7. Baku mutu efluen mengacu pada SK Permen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

1.5 Manfaat

Manfaat dari perencanaan ini adalah:

1. Memberikan solusi permasalahan air limbah domestik melalui rekomendasi desain dan pembiayaan SPAL dan IPAL kepada pemerintah Kota Surabaya untuk wilayah permukiman di Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya.
2. Memberikan pertimbangan mengenai target sanitasi akses universal 100 : 0 : 100 dalam mengurangi beban pencemaran lingkungan akibat air limbah domestik untuk wilayah permukiman di Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sanitasi

Sanitasi adalah sistem yang terdiri atas pengumpulan, transportasi, pengolahan, penimbunan limbah bagi keberlangsungan kesehatan lingkungan (UN-Habitat, 2014). Sanitasi di Indonesia didefinisikan sebagai upaya membuang limbah cair domestik dan sampah untuk menjamin kebersihan dan lingkungan hidup sehat, baik di tingkat rumah tangga maupun di lingkungan perumahan. Sanitasi terbagi dalam 3 (tiga) subsektor, yaitu air limbah, persampahan, dan drainase tersier (Soedjono dkk, 2010).

Undang-Undang No. 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) mengamanatkan terpenuhinya kebutuhan dasar masyarakat melalui penyediaan akses air minum sebesar 100%, terwujudnya kota tanpa pemukiman kumuh, serta pemenuhan sanitasi layak pada tahun 2020.

Dalam pelaksanaannya terdapat tantangan/permasalahan antara lain:

1. Cakupan layanan sanitasi nasional saat ini masih rendah yaitu sekitar 59,7%;
2. Belum seluruh masyarakat dapat menikmati akses sanitasi yang layak (sekitar 70 juta jiwa penduduk Indonesia buang air besar sembarangan);
3. Rendahnya kesadaran masyarakat untuk berperilaku hidup bersih dan sehat; daerah belum memiliki dokumen perencanaan sanitasi berkualitas;
4. Perlunya peningkatan peran daerah terkait pengelolaan sanitasi;
5. Kesulitan penyediaan lahan yang layak dan sesuai dengan ketentuan teknis pembangunan infrastruktur; dan
6. Perlunya peningkatan manajemen aset.

Peningkatan akses penduduk terhadap sanitasi layak (air limbah domestik, sampah dan drainase lingkungan) menjadi 100% pada tingkat kebutuhan dasar, melalui strategi pembangunan sarana prasarana pengelolaan air limbah domestik, yaitu dengan penambahan infrastruktur air limbah sistem terpusat di 12 kota/

kabupaten, penambahan pengolahan air limbah komunal di 5.200 kawasan, penambahan IPAL skala kawasan sebanyak 200 kawasan, serta peningkatan pengelolaan lumpur tinja melalui pembangunan IPLT di 222 kota/ kabupaten (Kementerian PUPR, 2015).

2.2 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah air yang telah digunakan dan berasal dari rumah tangga atau permukiman termasuk didalamnya mengandung bahan-bahan yang ditambahkan ketika air dipergunakan (Mara, 2004).

2.2.1 Sumber Air Limbah Domestik

Sumber air limbah domestik berasal dari aktivitas rumah tangga kamar mandi, area mencuci, dan dapur. Air limbah dari dapur mengandung residu makanan, kadar minyak dan lemak tinggi, dan detergen pembersih makanan. Air limbah ini mengandung banyak nutrisi dan padatan tersuspensi. Air limbah kamar mandi mengandung sabun, pencuci rambut, pasta gigi, dan produk pembersih lainnya. Air limbah ini juga mengandung limbah mencukur, lemak (kulit, rambut, dan badan), sisa urin dan tinja. Air limbah area mencuci dihasilkan konsentrasi bahan kimia tinggi dari serbuk sabun untuk pencucian, padatan terlarut, dan lemak (Morel dan Diener, 2006).

2.2.2 Karakteristik Air Limbah Domestik

Karakteristik air limbah domestik dibagi menjadi tiga yaitu fisik, kimia, dan biologi. Karakteristik fisik terdiri atas padatan tersuspensi, suhu, dan warna.

1. Padatan tersuspensi (TSS)

Konsentrasi padatan tersuspensi pada air limbah domestik antara 50-300 mg/L. Konsentrasi tertinggi padatan tersuspensi secara tipikal ditemukan dalam air limbah dapur dan pencucian (Morel dan Diener, 2006). Observasi di Nepal, Malaysia, Israel, Vietnam, dan Amerika Serikat menyatakan beban padatan tersuspensi rata-rata adalah 10-30 gram/ orang.hari. Jumlah tersebut berkontribusi 25-35% dari total beban padatan tersuspensi harian dalam air limbah domestik termasuk air limbah toilet (Ledin dkk, 2001).

2. Suhu

Temperatur air limbah domestik terkadang lebih tinggi dari temperatur air bersih dengan rentang 18-30°C. Peningkatan suhu menyebabkan pertumbuhan bakteri dan mengurangi kelarutan CaCO_3 sehingga menimbulkan pengendapan di tangki penyimpanan maupun sistem perpipaan (Morel dan Diener, 2006).

3. Warna

Air limbah domestik yang baru dihasilkan memiliki warna cokelat muda/ abu-abu muda. Seiring dengan perjalanan dalam sistem penyalurannya air limbah berubah warna dari abu-abu muda menjadi abu-abu tua dan akhirnya menjadi hitam. Ketika air limbah berwarna hitam dapat dikatakan air limbah dalam kondisi septik (Tchobanoglous dkk, 2014).

Karakteristik kimia terdiri atas pH dan alkalinitas, *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

1. pH dan alkalinitas

pH mengindikasikan bahwa air limbah domestik bersifat asam atau basa. Agar proses pengolahan dapat berjalan dengan mudah dan untuk mengurangi efek negatif yang dihasilkan, air limbah domestik harus berada pada rentang pH 6,5-8,4 (Morel dan Diener, 2006).

2. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

BOD dan COD adalah indikator untuk mengukur polutan organik yang ada dalam air. *Biodegradable* air limbah tergolong bagus jika di bawah 2-2,5. Air limbah di negara berpenghasilan rendah dan menengah mengindikasikan rasio COD/BOD antara 1,6 – 2,9. Nilai maksimum dari air limbah tersebut berasal dari pencucian dan dapur (Morel dan Diener, 2006).

Karakteristik biologi terdiri atas mikroorganisme, diantaranya bakteri, arkea, jamur, protozoa, dan virus.

1. Bakteri: Organisme uniseluler yang memiliki berbagai bentuk dan ukuran. Bakteri berfungsi sebagai proses stabilisasi senyawa organik di air limbah.
2. Arkea: Organisme yang memiliki ukuran dan komponen sel dasar seperti bakteri, namun perbedaan ada pada dinding sel dan komposisi RNA.

3. Alga: Organisme autotrof yang tidak memiliki organ. Alga berfungsi sebagai penghasil oksigen pada air limbah.
4. Jamur: Makhluk hidup eukariotik heterotrof yang mencerna makanan di luar tubuh lalu menyerap nutrisi ke dalam sel-selnya. Jamur berperan dalam proses dekomposisi senyawa organik.
5. Protozoa: Umumnya merupakan organisme uniseluler tanpa dinding sel. Protozoa berperan dalam proses biologis untuk menjaga keseimbangan organisme.
6. Virus: Organisme parasit yang terbentuk karena asosiasi genetik (DNA atau RNA) dan struktur protein. Bersifat patogen dan sulit dihilangkan pada air limbah (Sperling, 2007).

2.2.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu air limbah domestik diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang mensyaratkan batas maksimum untuk tiap parameter air limbah domestik seperti tercantum pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Baku Mutu
pH	-	6-9
TSS	mg/L	30
BOD ₅	mg/L	30
COD	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Ammonia	mg/L	10
Total Coliform	MPN/100 mL	3000

Sumber: Permen LHK No. 68 Tahun 2016

2.3 Debit Air Limbah Domestik

Untuk melakukan sebuah perencanaan perlu diketahui terlebih dahulu jumlah debit air limbah karena akan menentukan

kebutuhan yang diperlukan dalam jaringan perpipaan dan kapasitas bangunan pengolahan.

2.3.1 Debit Air Limbah Rata-rata

Debit air limbah domestik didapatkan dari debit aktual yang dihasilkan, namun apabila tidak ada data maka air limbah diasumsikan 70% dari penggunaan air bersih daerah pelayanan (Tchobanoglous, 1981). Persamaan untuk menghitung debit rata-rata air limbah terdapat pada persamaan berikut.

Debit rata-rata

$$Q_{ave} = Q_w \times 70\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

Q_{ave} = debit air limbah (L/orang.hari)

Q_w = debit rata-rata penggunaan air bersih

2.3.2 Debit Air Limbah Puncak dan Minimum

Debit air limbah puncak dan minimum dihasilkan dari pola aktivitas masyarakat dalam penggunaan air berdasarkan durasi tertentu. Hal ini sangat berpengaruh dalam desain jaringan perpipaan air limbah agar bisa memenuhi kapasitasnya (Imam dan Elnakar, 2014).

Debit puncak

$$Q_{peak} = f_{peak} \times Q_{ave} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

Q_{peak} = debit air limbah puncak (L/detik)

f_{peak} = daktor puncak

Q_{ave} = debit air limbah rata (L/detik)

Faktor puncak merupakan rasio antara debit puncak dan debit rata-rata. Faktor puncak (F_p) dicari berdasarkan persamaan Harmon's.

Faktor puncak

$$F_p = 1 + \frac{14}{4 + \left(\frac{P}{1000}\right)^{0.5}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

P = Jumlah penduduk

Menurut Fair dan Geyer (1971), untuk menghitung debit minimum air limbah terdapat dalam **Persamaan 2.4.**

Debit minimum

$$Q_{min} = 1/5 \times (P)^{1/6} \times Q_{ave} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

Q_{min} = debit air limbah minimum (L/detik)

P = jumlah penduduk

Q_{ave} = debit air limbah rata-rata (L/detik)

2.4 Sistem Penyaluran Air Limbah

Sistem perpipaan pada penyaluran air limbah berfungsi untuk membawa air limbah dari permukiman menuju ke pengolahan agar tidak terjadi pencemaran pada lingkungan sekitar.

2.4.1 Jenis Sistem Penyaluran Air Limbah

a) Sistem Konvensional

Sistem konvensional merupakan sistem pembuangan air limbah yang didesain untuk menyalurkan padatan dan cairan (*greywater* dan air hujan). Sistem ini dibagi menjadi tiga yakni primer (sistem perpipaan di jalan raya), sekunder dan tersier (sistem perpipaan di tingkat permukiman) (Tilley dkk, 2014).

b) Sistem *Shallow Sewer*

Shallow sewer merupakan sistem pembuangan air limbah dengan sistem perpipaan yang di desain untuk menyalurkan seluruh air limbah rumah tangga berupa padatan dan cairan. Sistem ini cocok untuk diterapkan pada daerah-daerah yang padat serta sesuai untuk kondisi dimana masyarakat berpenghasilan rendah. *Shallow sewer* sangat bergantung pada pembilasan air buangan untuk mengangkut buangan padatan (UNCHS, 1986).

c) Sistem *Small Bore Sewer*

Small Bore Sewer merupakan sistem pembuangan air limbah dengan sistem perpipaan yang di desain untuk menyalurkan air limbah rumah tangga yang berupa cairan. Partikel *grit* dan padatan lain perlu dipisahkan di *interceptor* sebelum masuk pada sistem perpipaan agar tidak terjadi penyumbatan (Otis dan Mara, 1985).

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan sistem penyaluran air limbah sebagai berikut.

- Konstanta *manning* (n) = 0,009-0,015 untuk pipa HDPE (ACPA, 2012)
- Diameter pipa minimum = 100 mm (Iskandar dkk, 2016)
- Kecepatan minimum = 0,6 m/s (Montes dkk, 2017)
- Kecepatan maksimum = 3,0 m/s saat kondisi *peak* (Aidun, 2013)
- Tinggi renang minimum (d/D) = 20% dari diameter pipa (Kementerian PUPR, 2015)
- Nilai Q_{peak}/Q_{full} diperoleh dari grafik *Hydraulic Ratios for Circular Cross Section* pada **Gambar 2.1**
- Kemiringan atau *slope* (S)

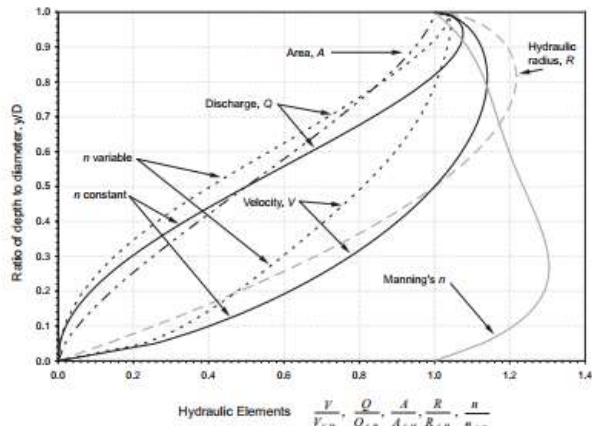
$$S = \Delta H / L \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

S = slope

ΔH = beda elevasi (m)

L = panjang pipa (m)



Gambar 2. 1 Grafik Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section

(Sumber: Systems dkk, 2007)

Persamaan *manning* untuk pipa dapat dilihat pada Persamaan 2.6 dan 2.7.

Manning

$$v = 1/n \times R^{0,667} \times S^{0,5} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

- v = kecepatan dalam pipa (m/s)
- n = koefisien *manning*
- R = radius hidrolis (m²/m)
- S = *slope* (m/m)

Diameter Pipa

$$D = [(Q_{full} \times n) / (0,3117 \times S^{0,5})] \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

- D = diameter pipa (m)
- Q_{full} = debit penuh (m³/s)
- n = koefisien *manning*
- S = *slope* (m/m)

2.4.2 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap adalah bangunan penunjang yang digunakan untuk memudahkan pemeliharaan serta meningkatkan kinerja sistem pengaliran yang ada, bangunan pelengkap dimaksud adalah:

1. Sambungan Rumah

Sambungan rumah digunakan untuk mengalirkan air limbah menuju pipa tersier dengan spesifikasi dari tiap jenisnya sebagai berikut.

- a. Pipa dari kloset (*black water*)
 - Bahan dari PVC, asbes semen.
 - Kemiringan pipa 1-3%.
- b. Pipa pengaliran air limbah non tinja (*grey water*)
 - Bahan dari PVC atau asbes semen.
 - Kemiringan 0,5-1%.
 - Khusus air limbah dari dapur harus dilengkapi dengan unit perangkap lemak.
- c. *House inlet*
 - Luas permukaan minimal 50x50 cm (bagian dalam), dan diberi tutup plat beton yang mudah dibuka-tutup.

- Kedalaman bak berkisar antara 40-60 cm, disesuaikan dengan kebutuhan kemiringan pipa persil yang masuk.
- d. Lubang inspeksi/ *Inspection chamber*
 - Jarak antara *inspection chamber* dan *house inlet* ≤ 40 m.
 - Ada 3 tipe *inspection chamber* untuk kedalaman hingga 2 m. Untuk kedalaman $\leq 2,5$ m digunakan *manhole* yang dipakai pada sistem konvensional.

2. *Manhole*

Manhole merupakan lubang tempat pemeriksaan pipa dari kotoran yang terbawa aliran. Lokasi penempatan *manhole* sebagai berikut.

- a. Pada jalur saluran yang lurus, dengan jarak tertentu tergantung diameter saluran.
- b. Pada setiap perubahan kemiringan saluran, perubahan diameter, dan perubahan arah aliran, baik vertikal maupun horizontal.
- c. Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan (*intersection*) dengan pipa atau bangunan lain.

Tabel 2. 2 Jarak Antar *Manhole* pada Jalur Lurus

Diameter (mm)	Jarak antar <i>Manhole</i> (m)
20-50	50-75
50-75	75-125
100-150	125-150
150-200	150-200
1000	100-150

Sumber: Kementerian PUPR, 2015

3. Bangunan Penggelontor

Bangunan penggelontor berfungsi sebagai pembersihan pipa agar tidak terjadi penyumbatan. Aplikasi dari bangunan penggelontor ditempatkan setiap garis pipa dimana kecepatan pembersihan (*self-cleansing*) tidak tercapai akibat kemiringan

tanah/ pipa yang terlalu landai atau kurangnya kapasitas aliran. Terdapat dua metode yang digunakan untuk penggelontoran yaitu:

a. Periode waktu tetap

Metode ini dipilih pada waktu keadaan debit aliran minimum tiap harinya, dimana pada saat itu kedalaman renang air limbah tidak cukup untuk membersihkan tinja atau endapan-endapan.

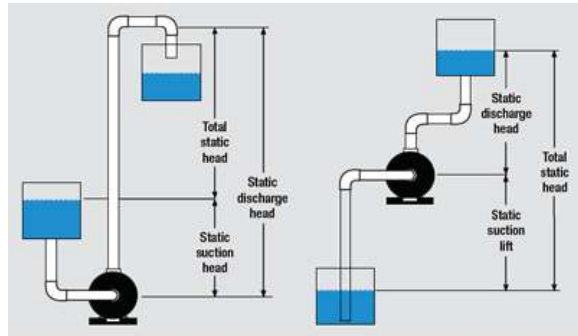
b. Periode waktu insidentil

Metode ini dipilih jika bagian atas (awal) pipa lateral tidak dilengkapi dengan bangunan penggelontor. Air dimasukkan kedalam bangunan perlengkapan pipa dengan debit 15 L/detik, selama 5-15 menit.

4. Stasiun Pompa

Stasiun pompa merupakan fasilitas yang ada dalam penyaluran air limbah menuju IPAL. Stasiun pompa sebagai stasiun angkat (*lift station*), dipasang pada setiap jarak tertentu pada jaringan perpipaan yang sudah cukup dalam agar air tetap dapat mengalir. Stasiun pompa merupakan fasilitas yang memiliki risiko kerusakan yang lebih tinggi dibandingkan fasilitas lainnya sehingga dapat mengakibatkan kegagalan pada instalasi pengolahan air limbah maka dari itu diperlukan perawatan yang memadai (Makisha, 2016). Saat ini, pengoperasian sudah menggunakan teknologi sehingga kesalahan dapat diminimalisasi dan dapat ditingkatkan tingkat efektivitas dari operasi stasiun pompa tersebut (Chabal dan Stanko, 2015). Jenis pompa yang dapat digunakan dalam jaringan perpipaan adalah pompa sentrifugal dan pompa *submersible*. Pompa Sentrifugal merupakan jenis yang umum digunakan untuk memompa air limbah domestik karena tidak mudah tersumbat. Penggunaan pompa *submersible* untuk air limbah domestik lebih baik karena mencegah terjadinya kavitasi, sebagaimana sering terjadi pada penggunaan pompa *non submersibel* dengan posisi

head negatif (posisi pompa berada diatas permukaan air) (PUPR, 2017).



Gambar 2. 2 Skema Head Pompa

Sumber: <http://www.nationalpump.com.au>

Menurut Tchobanlogous (1981), perhitungan *head* pompa dan daya yang dapat dilihat pada Persamaan 2.8 dan Persamaan 2.9

Head pompa

$$H_t = H_{stat} + h_{fs} + \sum h_{ms} + h_{fd} + \sum h_{md} + \frac{Vd^2}{2g} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

H_t = total *head* (m)

H_{stat} = total *head* statis (m)

h_{fd} (h_{fs}) = *headloss* friksi (m)

h_{md} (h_{md}) = *headloss* aksesoris pipa (m)

Vd = kecepatan (m/s)

Daya Pompa

$$E_p = \frac{\gamma Q H_t}{P_t} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

E_p = efisiensi pompa

P_t = daya pompa (kW)

Q = debit (m^3/s)

H_t = total *head* (m)

2.5 Proses Pengolahan Air Limbah

Proses pengolahan dapat dilakukan secara fisik dan biologis sebagai berikut.

a. Pengolahan Fisik

Pengolahan fisik adalah pemisahan zat yang tidak diperlukan dari dalam air tanpa menggunakan reaksi kimia dan reaksi biokimia hanya menggunakan proses secara fisik sebagai variabel pertimbangan untuk rekayasa pemisahan dari air dengan polutan atau zat-zat pencemar yang ada di dalam air limbah tersebut.

Beberapa cara pemisahan yang dapat dilakukan diantaranya adalah:

- Pemisahan sampah dari aliran dengan saringan sampah (*screen*),
- Pemisahan *grit* (pasir) dengan pengendapan melalui *grit chamber*, kecepatan aliran dalam *grit chamber* tersebut diatur sedemikian rupa sehingga yang diendapkan hanya pasir yang relatif mempunyai *specific gravity* yang lebih berat dari partikel lain.
- Pemisahan partikel *discrete* (sendiri tidak mengelompok) dari suspensi melalui pengendapan bebas (*unhindered settling*).
- Pemisahan pengendapan material *flocculant* (hasil proses flokulasi atau proses sintesa oleh bakteri) yaitu partikel yang mengelompok oleh gaya saling tarik menarik (*van der Waals forces*) menjadi menggumpal lebih besar dan kemudian menjadi lebih berat dan mudah mengendap.
- Pemisahan partikel melalui metoda *sludge blanketing* yang disebut juga *hindered sedimentation*.

b. Pengolahan Biologis

Pengolahan biologis adalah penguraian bahan organik yang terkandung dalam air limbah oleh jasad renik /bakteri sehingga menjadi bahan kimia sederhana berupa mineral. Pengolahan secara biologis terdiri dari dua prinsip utama yaitu pengolahan secara anaerobik atau

pengolahan yang tidak melibatkan oksigen dan pengolahan secara aerobik atau pengolahan dengan melibatkan oksigen. Kedua sistem ini akan berbeda dalam aplikasi teknologi yang akan digunakan

- Proses Anaerobik

Pengolahan secara anaerobik menggunakan bakteri yang hidup dalam kondisi anaerob yaitu bakteri hidrolisa, bakteri acetonogenik dan metanogenik. Semua proses penguraian bahan organik oleh bakteri menjadi bahan sederhana dilakukan tanpa oksigen.

- Proses Aerobik

Pengolahan secara aerobik terjadi melalui dua proses utama yaitu penguraian bahan organik yang disebut dengan proses oksidasi dan proses fermentasi lewat enzim yang dikeluarkan oleh bakteri. Umumnya penggunaan unit pengolahan aerobik adalah untuk pengolahan lanjutan yang disebut dengan *secondary treatment* atau pengolahan sekunder. Pemilihan unit yang akan dipakai untuk pengolahan ini tergantung besar beban (biologi dan hidrolis) yang akan diolah dan bergantung pada hasil pengolahan yang dikehendaki (*ultimate objective*). Perbandingan antara proses anaerobik dan aerobik dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Perbandingan Pengolahan Anaerobik dan Aerobik

Parameter	Anaerobik	Aerobik
Kebutuhan energi	Rendah	Tinggi
Efisiensi pengolahan	Sedang (60%-90%)	Tinggi (>95%)
Produksi lumpur	Rendah	Tinggi
Waktu <i>startup</i>	2-4 bulan	2-4 minggu
Kebutuhan nutrisi	Rendah	Tinggi
Bau	Ya	Tidak
Produksi biogas	Ya	Tidak

Sumber: Eckenfelder dkk, 1988

2.6 Teknologi Pengolahan Air Limbah

Pada awalnya air limbah domestik digunakan untuk irigasi bagi lahan perkebunan sampai pada abad ke-20 di Eropa Tengah, Amerika, dan beberapa negara lainnya tanpa menimbulkan masalah kesehatan dan efek pada lingkungan yang serius. Seiring berjalannya waktu, sistem seperti ini tidak dapat dengan mudah diterima karena membutuhkan area yang luas dan masalah kesehatan semakin meningkat sehingga dibuatlah sistem pengolahan air limbah *modern* yang lebih mempertimbangkan perbaikan sanitasi di masyarakat (Angelakis dan Snyder, 2015). Berikut adalah beberapa alternatif teknologi pengolahan air limbah yang dapat digunakan.

2.6.1 Bak Ekualisasi

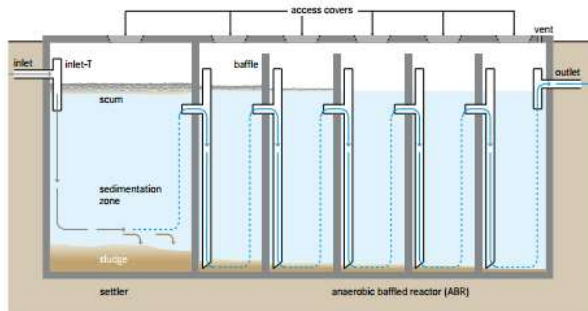
Bak ekualisasi merupakan bak yang menampung variasi debit dari air limbah sehingga air limbah yang masuk ke dalam unit pengolahan dapat dialirkan secara konstan. Bak ekualisasi dapat disusun secara *in-line* maupun *off-line*. Pada susunan *in-line*, semua debit melewati bak ekualisasi. Penyusunan ini dapat digunakan untuk mencapai jumlah pengecilan konsentrasi konstituen dan debit. Pada susunan *off-line* hanya debit yang melimpah yang dialirkan menuju bak ekualisasi. Kebutuhan pompa diminimisasi pada susunan ini, namun jumlah pengecilan konsentrasi unsur berkurang. Ekualisasi secara *off-line* biasanya digunakan untuk menangkap bilasan pertama dari sistem pengumpulan kombinasi (Tchobanlogous, 2003).

2.6.2 Grease Trap

Grease trap berfungsi sebagai penangkap minyak dan lemak pada limbah dan mencegah terjadinya penggumpalan. Prinsip pemisahannya dengan memanfaatkan sifat lemak atau minyak yang berat jenisnya lebih ringan dari air. Efisiensi yang dapat dihasilkan *grease trap* dalam menyisahkan minyak dan lemak dapat mencapai 95,8% dengan perlu dilakukannya perawatan dalam jangka waktu tertentu bergantung pada ukuran *grease trap* serta jumlah minyak dan lemak (Ducoste dkk, 2008).

2.6.3 Anaerobic Baffled Reactor

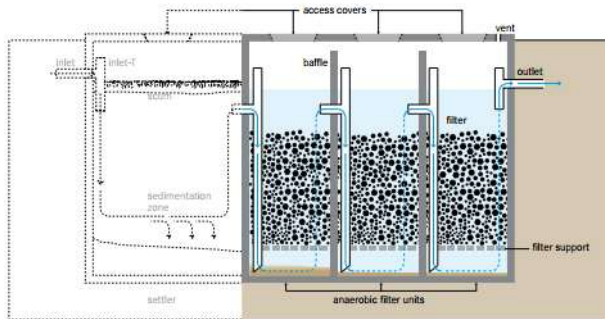
ABR adalah bak pengendap yang dirancang dimana bak pertama untuk menguraikan air limbah yang mudah terurai dan bak berikutnya untuk menguraikan air limbah yang lebih sulit terurai. ABR terdiri dari kompartemen pengendap yang dilengkapi *baffle* untuk mengarahkan aliran air keatas (*upflow*) melalui beberapa seri reaktor selimut lumpur (*sludge blanket*). Konfigurasi ini memberikan waktu kontak yang lebih lama antara biomassa anaerobik dengan air limbah sehingga akan meningkatkan kinerja pengolahan (Kementerian PUPR, 2016). Gambar dan arah aliran pada ABR dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 3 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)
(Sumber: Tilley dkk, 2014)

2.6.4 Anaerobic Filter (AF)

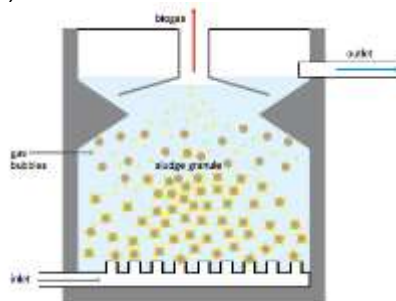
AF digunakan secara luas sebagai pengolahan sekunder dalam sistem pengolahan air limbah domestik. AF terdiri atas tangki kedap air yang mempunyai beberapa lapisan media terendam sehingga menyediakan area permukaan untuk mengendap. Aliran air limbah biasanya melewati filter dari bawah ke atas yang akan bertemu dengan biomassa yang terlekat pada filter dan akan terjadi degradasi anaerobik (Morel dan Diener, 2006). AF digunakan untuk air limbah domestik maupun limbah industri dengan persentase padatan tersuspensi yang rendah dan rasio COD/BOD kecil. Pengolahan awal dengan pengendap atau tangki septik diperlukan untuk menyisihkan padatan berukuran besar sebelum masuk ke filter (Sasse, 1998). Gambar dan arah aliran pada AF dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 4 Anaerobic Filter
(Sumber: Tilley dkk, 2014)

2.6.5 Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

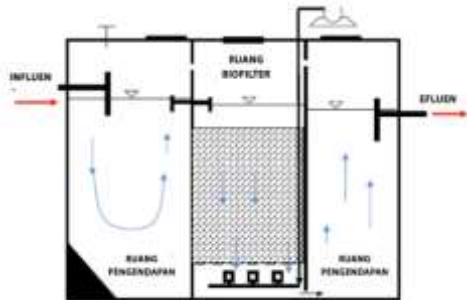
UASB merupakan unit pengolahan air limbah yang menggunakan tangki. Air limbah masuk melalui bawah tangki dan mengalir secara *upflow*. Unit ini menstimulasi pembentukan selimut lumpur yang terbentuk di tengah tangki oleh partikel dan mengendapkan partikel yang dibawa aliran ke atas. Kecepatan aliran naik ke atas yang perlahan, maka partikel yang semula akan mengendap akan terbawa ke atas, tetapi aliran juga tidak terlalu lambat karena akan mengakibatkan terjadi pengendapan didasar. Pengaturan aliran konstan dalam tangki mutlak diperlukan, maka dibutuhkan pelengkap unit sistem buffer untuk penampungan fluktuasi debit yang masuk sebelum didistribusikan ke tangki UASB (Tilley dkk, 2014).



Gambar 2. 5 Upflow Anaerobic Sludge Blanket
(Sumber: Tilley dkk, 2014)

2.6.6 Aerobic Filter (Biofilter Aerobik)

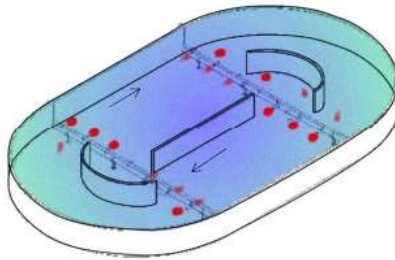
Biofilter aerobik dioperasikan dengan penambahan oksigen melalui injeksi udara menggunakan unit kompresor atau *blower* dari bagian bawah media filter dengan tekanan tertentu lewat media *porous* (*unit diffuser*) atau pipa berlubang (*perforated pipe*). Biofilter aerobik dioperasikan dengan beban pengolahan lebih rendah, oleh karena itu biofilter aerobik umumnya diletakkan setelah proses anaerobik. Pada unit pengolahan biofilter aerobik memungkinkan pengolahan air limbah dengan lapisan biofilm dan juga pengolahan air limbah oleh mikroorganisme tersuspensi. Proses ini akan meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, deterjen, dan mempercepat proses nitrifikasi. Proses ini juga disebut dengan kontak aerasi (Permen PUPR, 2017).



Gambar 2. 6 Aerobic Filter
(Sumber: Permen PUPR, 2017)

2.6.7 Unit Parit Oksidasi

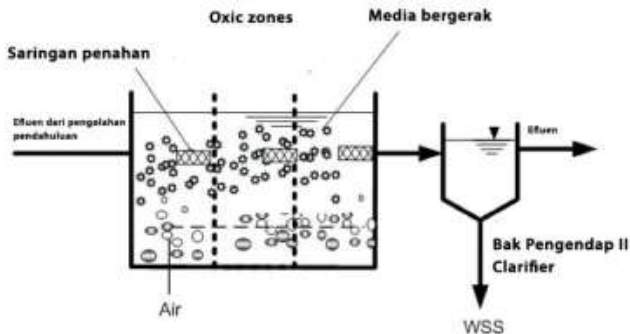
Unit parit oksidasi merupakan unit pengolahan yang merupakan pengembangan metode pengolahan *extended aeration* yang diterapkan pada saluran sirkular dengan kedalaman 1 s/d 1.5 m, yang dibangun dengan pasangan batu. Unit parit oksidasi berfungsi untuk menurunkan konsentrasi BOD, COD, dan nutrisi dalam air limbah domestik. Lumpur tinja yang masuk dialirkan berputar mengikuti saluran sirkular yang cukup panjang dengan tujuan terjadinya proses aerasi. Alat aerasi yang digunakan berupa alat mekanik rotor berbentuk tabung dengan sikat baja. Rotor diputar melalui poros (*axis*) horizontal dipermukaan air yang disebut *cage rotor*.



Gambar 2. 7 Unit Parit Oksidasi
(Sumber: Permen PUPR, 2017)

2.6.8 *Moving Bed Biofilter Reactor (MBBR)*

Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) merupakan proses pengolahan yang sederhana dan membutuhkan luas lahan yang lebih sedikit. Teknologi MBBR menggunakan biofilm dari *polyethylene* yang tercampur di dalam suatu reaktor dengan aerasi secara terus menerus. Keuntungan unit pengolahan MBBR antara lain tidak membutuhkan biaya yang besar dan perawatan relatif mudah karena MBBR mampu memproses secara alamiah merawat bakterinya sendiri pada level optimum dari biofilm yang produktif (Permen PUPR, 2017).



Gambar 2. 8 *Moving Bed Biofilm Reactor*
(Sumber: Permen PUPR, 2017)

2.7 Kelayakan Ekonomi

Menurut Permen PUPR (2017), kelayakan ekonomi dilaksanakan untuk mendapatkan gambaran manfaat yang diterima masyarakat. Penilaian kelayakan didasarkan atas hasil perhitungan parameter kelayakan. Investasi disebut layak apabila hasil perhitungan parameter kelayakan tersebut minimal sama dengan batasan kelayakan yang ditetapkan. Rumus yang dilakukan untuk menganalisis kelayakan ekonomi terdapat pada Persamaan 2.10 hingga Persamaan 2.14.

Payback period

$$\text{Payback period} = \text{total investment} / \text{cash inflow} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

Payback period = jangka waktu pengembalian

Total investment = total investasi atau total proyek

Cash inflow = aliran kas proyek (nilai bersih)

Net Present Value (NPV)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{I}{(1+r)} + \frac{CF}{(1+r)^t} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

NPV = nilai sekarang dari investasi

I = modal awal

CF = *cash flow* tiap tahunnya

r = tingkat bunga

n = tahun ke-n

Internal Rate of Return (IRR)

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{I}{(1+IRR)} + \frac{CF}{(1+IRR)^t} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

IRR = tingkat bunga kegiatan

I = modal awal

CF = *cash flow* tiap tahunnya

n = tahun ke-n

Economic Benefit Cost Ratio

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{PV \text{ cash inflows}}{PV \text{ cash outflow}} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana:

PV *cash inflow* = nilai sekarang dari manfaat

PV *cash outflow* = nilai sekarang dari biaya

Penilaian kelayakan membandingkan antara manfaat secara ekonomi dengan biaya (modal dan operasional) yang dikeluarkan. Hasil perhitungan disebut positif terhadap batas kelayakan ekonomi apabila:

1. *Pay back period* maksimal sama dengan jumlah tahun yang ditentukan.
2. NPV bernilai positif.
3. IRR minimal sama dengan nilai yang ditetapkan.
4. *Benefit Cost Ratio* >1

BAB 3

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

3.1 Gambaran Umum Lokasi Perencanaan

Kelurahan Bulak Banteng merupakan salah satu kelurahan di wilayah Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya. Kelurahan Bulak Banteng memiliki luas wilayah sebesar 2,67 km² dengan ketinggian wilayah sebesar +2 meter diatas permukaan laut (Kecamatan Kenjeran Dalam Angka 2016). Secara adminsitratif, wilayah Kelurahan Bulak Banteng memiliki batas wilayah sebagai berikut.

- | | |
|--------------------|----------------------------|
| 1. Sebelah Utara | : Selat Madura |
| 2. Sebelah Selatan | : Kelurahan Sidotopo Wetan |
| 3. Sebelah Timur | : Kelurahan Tambak Wedi |
| 4. Sebelah Barat | : Kecamatan Semampir |

Sesuai dengan data hasil registrasi penduduk per kelurahan tahun 2015, Kelurahan Bulak Banteng memiliki jumlah penduduk sebesar 30.660 jiwa dengan tingkat kepadatan penduduk sebesar 11.483 jiwa/km². Untuk jumlah keluarga di Kelurahan Bulak Banteng sebesar 8.327 keluarga dengan rata-rata anggota keluarga sebesar 3,68 jiwa.

3.2 Kondisi Sanitasi Wilayah Perencanaan

Kondisi sanitasi di wilayah Kelurahan Bulak Banteng tergolong kurang baik karena *grey water* langsung dialirkan ke saluran drainase tanpa melalui pengolahan. Berdasarkan hasil pengamatan saluran drainase di wilayah Kelurahan Bulak Banteng berukuran 30-150 cm yang mana di beberapa titik dapat berpotensi banjir karena tidak mampu menampung debit air hujan. Mayoritas masyarakat sudah menggunakan tangki septik untuk mengolah *black water*. Salah satu saluran drainase di Kelurahan Bulak Banteng dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Saluran Drainase di Kelurahan Bulak Banteng

Kebutuhan air bersih di Kelurahan Bulak Banteng masyarakat sudah dilayani air minum dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, meskipun ada sebagian warga yang masih menggunakan sumur gali untuk memenuhi kebutuhan air bersihnya. Untuk akses jalan rata-rata memiliki lebar jalan antara 1,5-5 meter dengan konstruksi jalan menggunakan aspal dan *paving block*. Kondisi jalan di Kelurahan Bulak Banteng dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Kondisi Jalan di Kelurahan Bulak Banteng

3.3 Lokasi Perencanaan IPAL

Lokasi IPAL yang direncanakan dipilih atas dasar ketersediaan lahan yang memungkinkan untuk dibangunnya IPAL karena kepadatan penduduk di Kelurahan Bulak Banteng yang tinggi. Lokasi perencanaan IPAL Kelurahan Bulak Banteng berada pada koordinat $7^{\circ}12'33.9''\text{S}$ dan $112^{\circ}45'44.9''\text{E}$ yang merupakan lahan terbuka milik TNI Angkatan Laut.



Gambar 3. 3 Lokasi Perencanaan IPAL

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

METODE PERENCANAAN

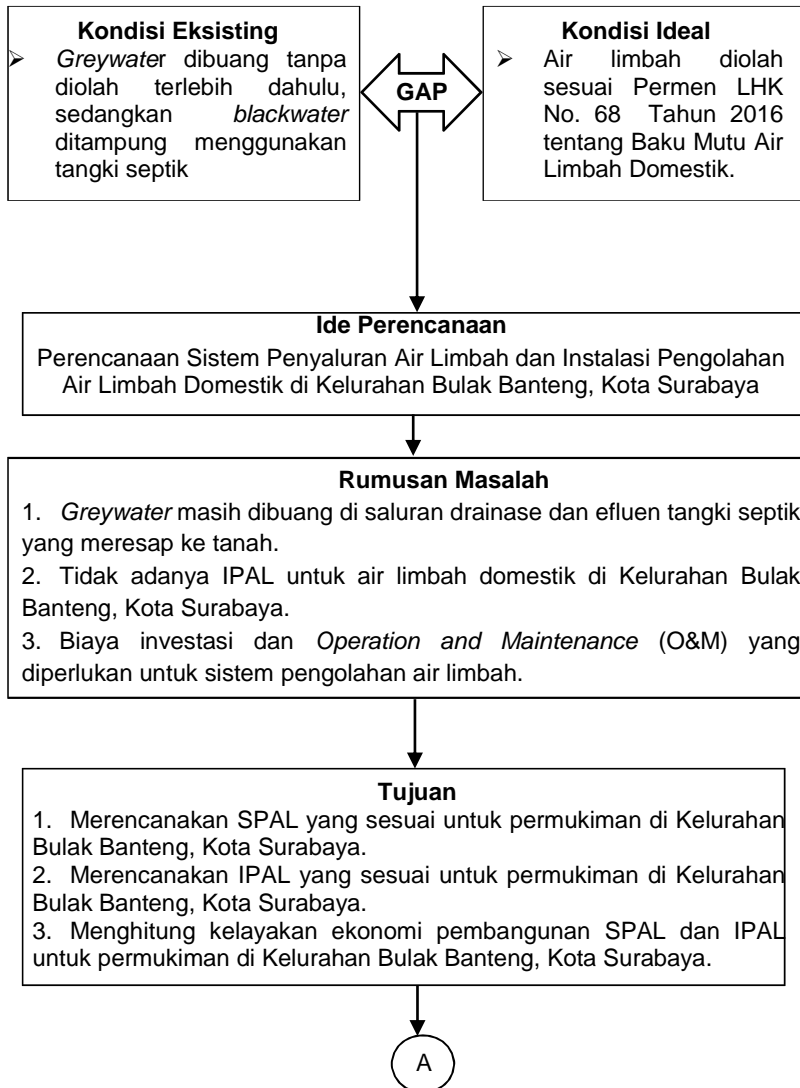
4.1 Gambaran Umum Perencanaan

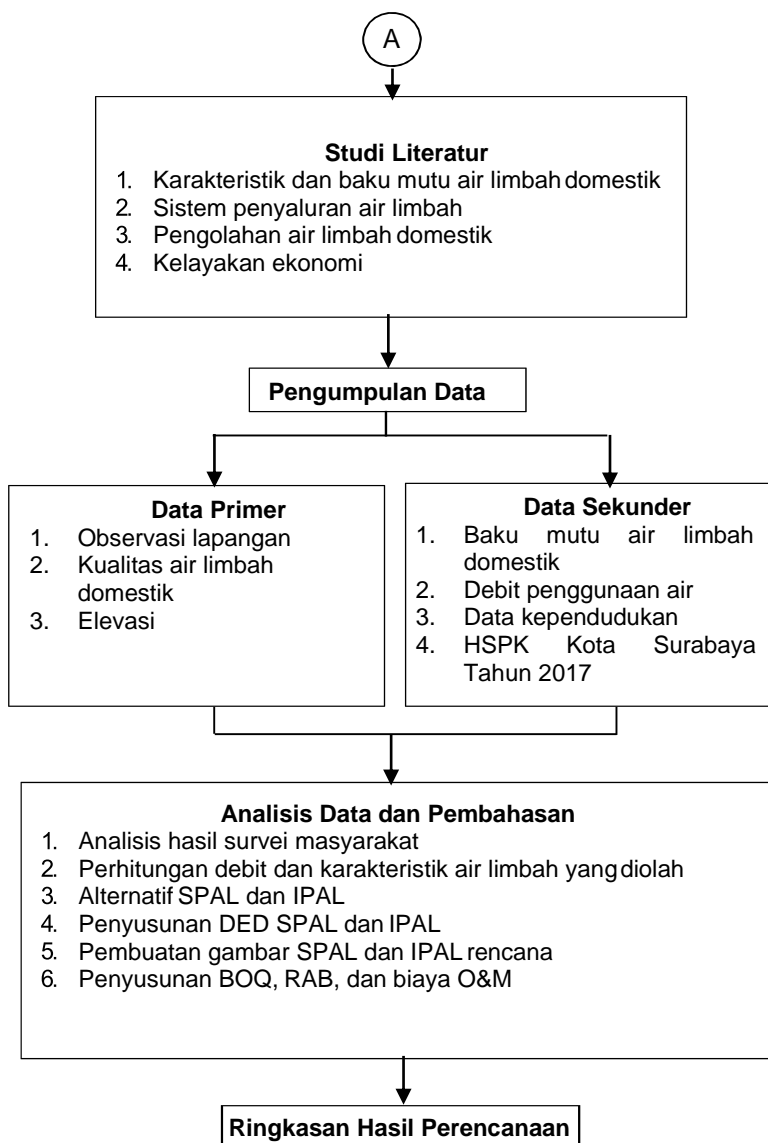
Pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan terhadap sistem pengolahan air limbah untuk wilayah Kelurahan di Surabaya yaitu Kelurahan Bulak Banteng. Metode perencanaan ini disusun sebagai pedoman dalam melaksanakan proses perencanaan. Proses perencanaan dimulai dari pengumpulan data primer dan sekunder, perencanaan SPAL dan IPAL, serta perhitungan biaya investasi dan O&M SPAL dan IPAL.

Perencanaan ini menggunakan dua aspek yakni aspek teknis dan aspek finansial. Parameter perencanaan mengacu pada Permen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yaitu BOD₅, COD, TSS, pH, minyak dan lemak, ammonia, total coliform. Perencanaan ini meliputi perhitungan DED SPAL dan IPAL rencana. Perhitungan biaya investasi dan O&M digunakan untuk merealisasikan SPAL dan IPAL.

4.2 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan gambaran awal mengenai alur perencanaan. Penyusunan kerangka perencanaan yang jelas dan sistematis dapat mempermudah dalam proses pelaksanaan perencanaan. Kerangka perencanaan ini berisi tahapan yang dilakukan dalam perencanaan dari awal hingga akhir. Kerangka perencanaan dapat dilihat pada Gambar 4.1





Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan

4.3 Rangkaian Kegiatan Perencanaan

Rangkaian kegiatan perencanaan terdiri dari penjelasan tahapan kegiatan yang dilakukan selama perencanaan ini. Rangkaian kegiatan perencanaan dijelaskan dilakukan yaitu:

1. Ide Perencanaan

Ide perencanaan didapatkan akibat adanya GAP antara kondisi eksisting dengan kondisi ideal di Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya. Kondisi eksisting menunjukkan air limbah masih langsung dibuang ke badan air. Idealnya *black water* dan *grey water* harus diolah terlebih dahulu.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan teori terkait topik perencanaan sehingga dapat menjadi acuan dalam tugas akhir ini. Studi literatur dilakukan dengan cara pencarian beberapa sumber literatur yang ada. Sumber tersebut adalah *text book*, jurnal penelitian, jurnal prosiding, dan peraturan. Beberapa literatur pendukung yang menunjang perencanaan meliputi:

- a. Karakteristik dan baku mutu air limbah domestik
- b. Sistem penyaluran air limbah
- c. Pengolahan air limbah domestik
- d. Kelayakan ekonomi

3. Pengumpulan Data

Pada tugas akhir ini dilakukan pengumpulan data-data yang relevan dan lengkap agar perencanaan sesuai dengan kondisi di lapangan. Pengumpulan data disesuaikan dengan jenis data yang akan didapatkan. Data-data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder.

- a. Data Primer

Data primer didapatkan melalui observasi lapangan, sampling, dan elevasi. Observasi dilakukan melalui pengamatan langsung ke lokasi perencanaan untuk mengetahui kondisi eksisting lokasi perencanaan, lahan untuk dibangunnya IPAL, dan wawancara kepada masyarakat terkait

ketersediaannya dibangun IPAL. Sampling air limbah dilakukan untuk mengetahui karakteristik air limbah. Sampling dilakukan sesuai dengan SNI 6989.59:2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Elevasi diukur dengan menggunakan aplikasi Altimeter untuk mengetahui ketinggian wilayah.

b. Data Sekunder

Data sekunder didapatkan melalui peraturan dan dokumen yang mendukung. Data sekunder yang dikumpulkan meliputi baku mutu air limbah domestik, debit penggunaan air, peta administrasi dan topografi, data kependudukan, dan HSPK Kota Surabaya Tahun 2017.

1. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu effluen air limbah disesuaikan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

2. Debit Penggunaan Air

Debit penggunaan air digunakan sebagai acuan perhitungan air limbah yang dihasilkan. Data didapatkan dari survei rekening air dan dimasukkan nomor meter di *website* PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

3. Data Kependudukan

Data ini digunakan sebagai acuan awal dalam proyeksi penduduk yang akan dilayani.

4. Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2017

HSPK Kota Surabaya tahun 2017 digunakan sebagai acuan perhitungan RAB pembangunan SPAL dan IPAL.

4. Analisis Data dan Pembahasan

Data-data yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan pengolahan dan analisis data untuk selanjutnya dilakukan pembahasan. Analisis data dan pembahasan meliputi.

- a. Analisis Hasil Survei Masyarakat
Analisis survei masyarakat dari kuisioner dan wawancara yang telah didapat untuk mengetahui seberapa besar masyarakat yang setuju dengan perencanaan SPAL dan IPAL di Kelurahan Bulak Banteng.
- b. Perhitungan Debit dan Karakteristik Air Limbah yang Diolah
Perhitungan debit air limbah yang akan disalurkan dan diolah di IPAL berdasarkan data penggunaan air bersih. Karakteristik air limbah diperoleh melalui analisis laboratorium. Hasil analisis ini digunakan dalam perencanaan agar pengolahan dapat memenuhi baku mutu.
- c. Alternatif SPAL dan IPAL
Penentuan teknologi SPAL dan IPAL ditentukan dari beberapa alternatif yang tepat untuk diterapkan. Perhitungan efisiensi penyisihan di setiap alternatif digunakan dalam kesetimbangan massa yang terdapat di masing-masing unit pengolahan untuk menentukan jumlah zat pencemar yang disisihkan.
- d. Penyusunan DED SPAL dan IPAL
Penyusunan DED berhubungan dengan perhitungan matematis SPAL dan IPAL yang direncanakan. Langkah selanjutnya merupakan perhitungan dimensi dan aspek hidrolika, baik bangunan IPAL maupun saluran dan/atau pipa, serta perlu dilakukan perhitungan pula kebutuhan komponen atau peralatan penunjang.
- e. Pembuatan Gambar SPAL dan IPAL Rencana
Setelah didapatkan masing-masing dimensi unit pengolahan dilakukan penggambaran detail SPAL dan tiap unit IPAL. Gambar detail ini berupa gambar pipa penyaluran air limbah, denah bangunan, potongan memanjang dan melintang bangunan, dan gambar detail bangunan maupun komponen pendukung IPAL. Penggambaran ini dilakukan menggunakan *software* AutoCAD 2015 dengan skala yang telah disesuaikan. Gambar detail yang tepat

dapat mempermudah perhitungan volume pekerjaan yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam menghitung BOQ dan RAB.

f. Penyusunan BOQ, RAB, dan biaya O&M

Perhitungan BOQ, RAB, dan biaya O&M pembangunan SPAL dan IPAL mengacu pada HSPK Kota Surabaya tahun 2017 yang dilanjutkan dengan perhitungan kelayakan ekonomi.

5. Ringkasan Hasil Perencanaan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan didapatkan suatu ringkasan hasil perencanaan yang menjawab tujuan perencanaan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

ANALISIS HASIL SURVEI MASYARAKAT DAN PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH

5.1 Analisis Survei Masyarakat

Analisis survei masyarakat dilakukan dengan pengisian kuisioner yang ditujukan bagi masyarakat di Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya. Pengisian kuisioner dilakukan dengan metode wawancara disetiap rumah dengan metode sampel acak berstrata (*stratified random sampling*). Aspek yang dikaji terdiri dari aspek ketersediaan sarana air limbah dan perilaku masyarakat. Penentuan jumlah responden yang dituju menggunakan rumus Slovin dengan galat sebesar 10%. Kelurahan Bulak Banteng memiliki penduduk sebesar 30.660 jiwa dengan rata-rata anggota keluarga sebesar 3,68 jiwa/ KK sehingga didapatkan jumlah KK sebagai berikut.

- Total jumlah KK di Kelurahan Bulak Banteng
$$= \frac{30.660 \text{ jiwa}}{3,68 \text{ jiwa/KK}} = 8331,52 \text{ KK} \approx 8332 \text{ KK}$$
- Jumlah KK untuk dilakukan survei dengan rumus Slovin
$$= \eta = \frac{N}{1+Ne^2} = \frac{8332}{1+8332(0,1)^2} = 98,8 \text{ KK} \approx 99 \text{ KK}$$

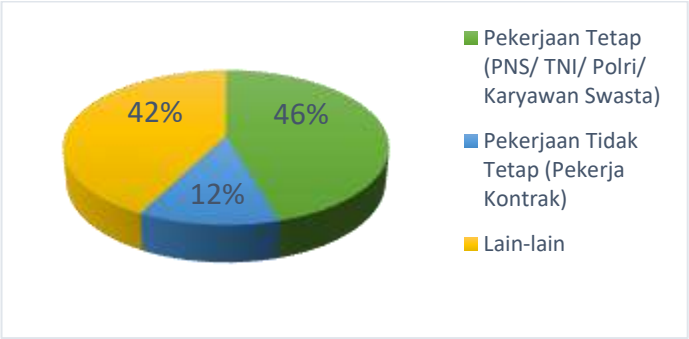
Pada perhitungan diatas dengan rumus Slovin didapatkan jumlah responden sebesar 99 KK. Berdasarkan survei yang dilakukan, diketahui profil masyarakat setempat seperti jumlah anggota keluarga dalam satu rumah, pendidikan, pekerjaan, dan penghasilan. Umur responden berusia antara

Tabel 5. 1 Profil Umur Responden

Parameter	<17	17-25	26-45	>45
Laki-laki	0	5	33	15
Perempuan	0	8	14	24

Umur responden dikategorikan berdasarkan Depkes RI (2009). Profil umur responden didominasi masyarakat masuk

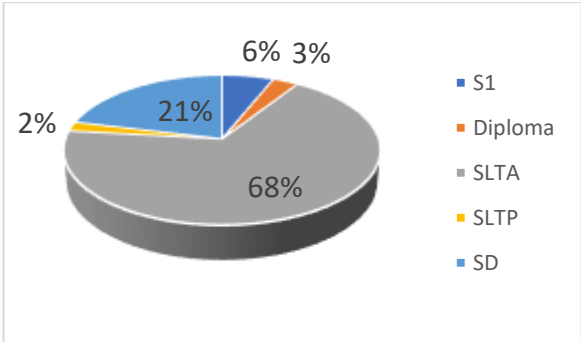
kategori Dewasa (26-45 tahun) yang mana kategori ini merupakan usia produktif. Kelompok usia ini dicirikan memiliki pandangan hidup dan wawasan ke depan (BkbbN, 2014) sehingga diharapkan dapat merepresentasikan data dari hasil survei.



Gambar 5. 1 Komposisi Pekerjaan Masyarakat Kelurahan Bulak Banteng

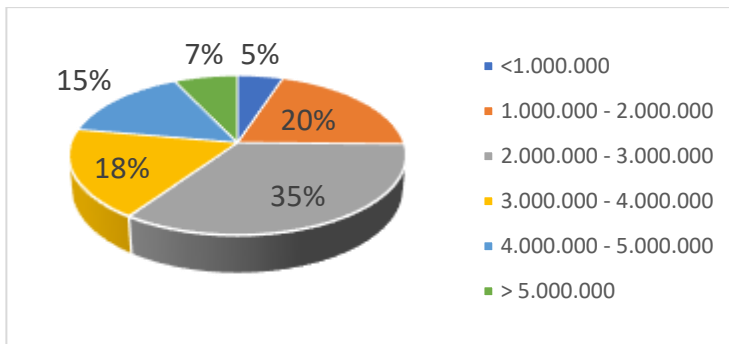
Jenis pekerjaan masyarakat Kelurahan Bulak Banteng mayoritas adalah memiliki pekerjaan tetap sebesar 46%. Terbanyak kedua adalah lain-lain sebesar 42% yang terdiri dari pedagang dan pensiunan.

Tingkatan jenjang pendidikan masyarakat Kelurahan Bulak Banteng yang bervariasi, disajikan dalam gambar berikut.



Gambar 5. 2 Komposisi Pendidikan Masyarakat Kelurahan Bulak Banteng

Hasil survei diatas dapat diketahui mayoritas masyarakat Kelurahan Bulak Banteng memiliki tingkat pendidkan setara SLTA sebesar 68%. Survei juga dilakukan untuk mengetahui besarnya penghasilan masyarakat Kelurahan Bulak Banteng yang dapat dilihat pada gambar berikut.

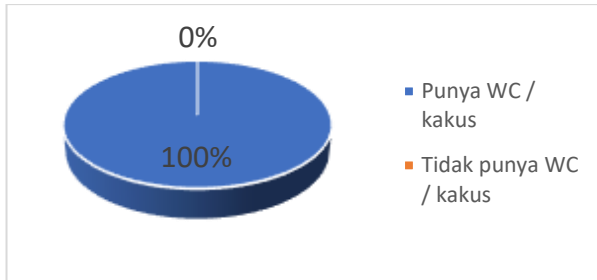


Gambar 5. 3 Komposisi Penghasilan Masyarakat Kelurahan Bulak Banteng

Tingkat penghasilan yang didapatkan per bulannya mayoritas sebesar 35% yang berada pada rentang Rp 2.000.000 – 3.000.000 rupiah per bulannya. Penghasilan tertinggi kedua yatu dengan rentang Rp 1.000.000 – 2.000.000 rupiah per bulannya sebesar 20%.

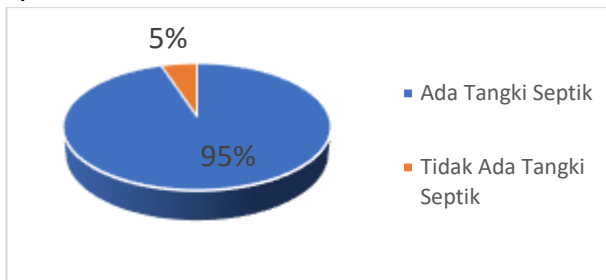
5.1.1 Ketersediaan Sarana Air Limbah

Survei ketersediaan sarana air limbah dilakukan untuk mengetahui kepemilikan jamban pribadi dan tangki septik. Hasil survei disajikan dalam gambar berikut.



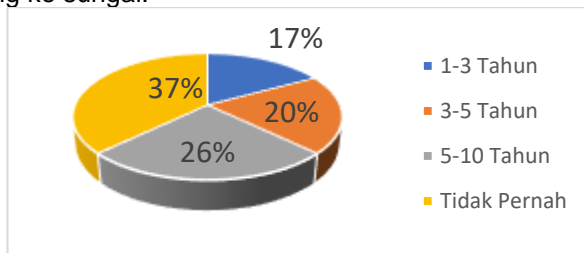
Gambar 5. 4 Kepemilikan WC/ kakus Rumah Tangga

Masyarakat Kelurahan Bulak Banteng dari hasil survei setiap rumahnya sudah memiliki WC pribadi sehingga dari diagram menunjukkan sebesar 100%.



Gambar 5. 5 Kepemilikan Tangki Septik Rumah Tangga

Kepemilikan tangki septik berdasarkan grafik tersisa sebesar 5% rumah yang belum memiliki tangki septik tersebar di wilayah pinggir sungai sehingga *blackwater* masih dialirkan langsung ke sungai.



Gambar 5. 6 Waktu Pengurasan Tangki Septik

Rumah yang sudah memiliki tangki septik mayoritas tidak pernah dikuras sebesar 37% dan urutan kedua sebesar 26% selama 5-10 tahun sekali dalam melakukan pengurasan tangki septik.

5.1.2 Aspek Sikap Masyarakat

Sikap masyarakat dinilai melalui perhitungan dengan rumus Likert yang merupakan skala untuk mengukur persepsi, sikap atau pendapat seseorang. Pertanyaan yang diajukan untuk mengetahui sikap masyarakat terkait rencana pengolahan air limbah di Kelurahan Bulak Banteng. Pengumpulan data dilakukan dengan responden untuk menentukan tingkat persetujuan mereka terhadap suatu pernyataan dengan memilih salah satu dari pilihan yang tersedia. Hasil dari pilihan tersebut kemudian dilakukan skoring sehingga didapatkan kesimpulan tentang tingkat kesediaan masyarakat dalam pengolahan air limbah. Perhitungan dengan skala Likert sebagai berikut.

- **Kesediaan Masyarakat Datang ke Acara Sosialisasi Pengolahan Air Limbah**

Tabel 5. 2 Perhitungan Skala Likert 1

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
Sangat Setuju	5	16	80
Setuju	4	45	180
Netral	3	28	84
Tidak Setuju	2	7	14
Sangat Tidak Setuju	1	3	3
Total		99	361

Langkah awal perhitungan dengan rumus Likert adalah mengumpulkan data dan bobot dari tiap poin.

1. Responden yang menjawab sangat setuju (skor 5) berjumlah 16 orang.
2. Responden yang menjawab setuju (skor 4) berjumlah 45 orang.

3. Responden yang menjawab netral (skor 3) berjumlah 28 orang.
4. Responden yang menjawab tidak setuju (skor 2) berjumlah 7 orang.
5. Responden yang menjawab sangat tidak setuju (skor 1) berjumlah 3 orang.

Langkah kedua menghitung skor dengan mengalikan bobot dan jumlah dari tiap poin sebagai berikut.

Rumus: $T \times P_n$(7.1)

T = Total jumlah responden yang memilih

P_n = Pilihan angka skor Likert

Perhitungan dengan rumus diatas didapatkan hasil berikut.

1. Responden yang menjawab sangat setuju (5) = $16 \times 5 = 80$
2. Responden yang menjawab setuju (4) = $45 \times 4 = 180$
3. Responden yang menjawab netral (3) = $28 \times 3 = 84$
4. Responden yang menjawab tidak setuju (2) = $7 \times 2 = 14$
5. Responden yang menjawab sangat tidak suka (1)
= $3 \times 1 = 3$

Semua hasil dijumlahkan, total skor = 361

Hasil dari skala Likert adalah interpretasi, terlebih dahulu harus diketahui skor tertinggi (X) dan skor terendah (Y) untuk item penilaian dengan rumus sebagai berikut:

Y = skor tertinggi likert x jumlah responden

X = skor terendah likert x jumlah responden

Jumlah skor tertinggi untuk poin "Sangat Setuju" adalah $5 \times 99 = 495$, sedangkan item "Sangat Tidak Setuju" adalah $1 \times 99 = 99$. Jadi, jika total skor penilaian responden diperoleh angka 361 maka penilaian interpretasi tersebut adalah hasil nilai yang dihasilkan dengan menggunakan rumus Index %.

Rumus Index % = Total Skor / Y x 100.....(7.2)

Perhitungan dengan rumus index didapatkan hasil berikut

= Total skor / Y x 100

= $361 / 500 \times 100$

= 72,93%

Kriteria interpretasi skornya berdasarkan interval disajikan dalam Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Interval Presentasi Nilai Skala Likert

Tabel Presentasi Nilai	Keterangan
0% - 19,99%	Sangat Tidak Setuju
20% - 39,99%	Tidak Setuju
40% - 59,99%	Netral
60% - 79,99%	Setuju
80% - 100%	Sangat Setuju

Perhitungan diatas dapat didapatkan rumus index dengan hasil 72,93% dan berdasarkan presentasi nilai skala Likert dikategorikan masyarakat Kelurahan Bulak Banteng “Setuju” untuk bersedia datang ke acara sosialisasi tentang cara mengolah air limbah.

- **Kesediaan Air Limbah Dikelola secara Komunal**

Tabel 5. 4 Perhitungan Skala Likert 2

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
Sangat Setuju	5	23	115
Setuju	4	44	176
Netral	3	26	78
Tidak Setuju	2	4	8
Sangat Tidak Setuju	1	2	2
Total		99	379

Ketersediaan air limbah dikelola secara komunal dari hasil perhitungan sebesar 76,57% dan berdasarkan presentasi nilai skala Likert dikategorikan masyarakat Kelurahan Bulak Banteng “Setuju” untuk air limbah rumah tangga dikelola secara komunal/ bersama-sama.

- **Partisipasi Pemeliharaan Sarana Pengolahan Air Limbah**

Tabel 5. 5 Perhitungan Skala Likert 3

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
Sangat Setuju	5	7	35
Setuju	4	52	208
Netral	3	20	60
Tidak Setuju	2	15	30
Sangat Tidak Setuju	1	5	5
Total		99	338

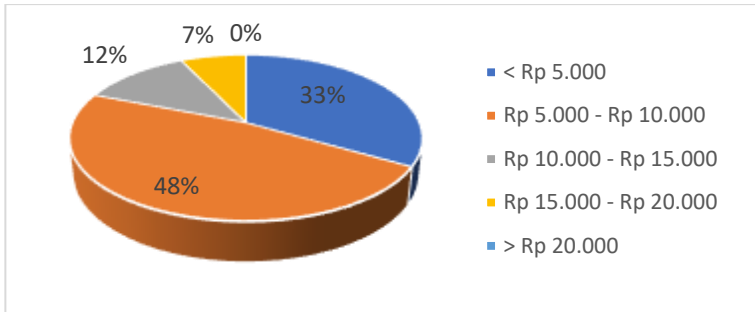
Partisipasi masyarakat terhadap pemeliharaan sarana pengolahan air limbah dari hasil perhitungan sebesar 68,28% dan berdasarkan presentasi nilai skala Likert dikategorikan masyarakat Kelurahan Bulak Banteng “Setuju” untuk bersama-sama memelihara sarana pengolahan air limbah.

- **Kesediaan Masyarakat Membayar Retribusi**

Tabel 5. 6 Perhitungan Skala Likert 4

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
Sangat Setuju	5	10	50
Setuju	4	33	132
Netral	3	45	135
Tidak Setuju	2	7	14
Sangat Tidak Setuju	1	4	4
Total		99	335

Kesediaan masyarakat terhadap membayar retribusi sarana pengolahan air limbah dari hasil perhitungan sebesar 67,68% dan berdasarkan presentasi nilai skala Likert dikategorikan masyarakat Kelurahan Bulak Banteng “Setuju” untuk turut membayar retribusi sarana pengolahan air limbah.



Gambar 5. 7 Biaya Retribusi Pengelolaan Air Limbah

Biaya retribusi yang disanggupi masyarakat apabila ada pengelolaan air limbah domestik di Kelurahan Bulak Banteng mayoritas sebesar 48% bersedia membayar apabila dikenakan tarif Rp 5.000 – Rp 10.000.

5.2 Pendapat Tokoh Masyarakat

Hasil survei dengan metode wawancara kepada tokoh masyarakat seperti Ketua Rukun Warga (RW), Ketua Rukun Tetangga (RT), dan Kelurahan Bulak Banteng sangat mendukung apabila diadakan rencana pembangunan pengolahan air limbah agar lingkungan yang tetap terjaga. Kelurahan Bulak Banteng sendiri sudah ada 5 RT yang mengikuti program *Green and Clean* yakni RT 03, RT 06, RT 09, RT 11, dan RT 12. Partisipasi warga secara keseluruhan dalam kepedulian terhadap lingkungan sudah cukup baik. Kondisi lingkungan pun sudah semakin baik dengan diadakannya pembangunan dan perbaikan saluran agar tidak terjadi penyumbatan yang mengakibatkan banjir.

Kendala yang dihadapi dalam pengelolaan lingkungan antara lain kurangnya partisipasi pemuda dalam pengelolaan lingkungan sehingga jika ada suatu kegiatan seperti kerja bakti, pemuda harus didorong terlebih dahulu agar ikut berpartisipasi. Permasalahan lain di bidang lingkungan terkait dengan status kepemilikan lahan. Masyarakat yang menempati rumah di sepanjang sempadan sungai masih belum memiliki tangki septik karena status kepemilikan lahan yang dimiliki Dinas PU Pengairan sehingga masyarakat enggan membangun tangki septik.

5.3 Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah

Perencanaan pelayanan sistem penyaluran air limbah meliputi keseluruhan wilayah Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya.

5.3.1 Daerah Pelayanan

Perencanaan akan dibagi menjadi 3 zona berdasarkan kondisi geografis wilayah kelurahan yang terbagi atas sungai. Masing-masing zona akan terhubung satu sama lain dengan pipa perlintasan. Setiap zona dibagi menjadi beberapa blok agar memudahkan pelayanan jaringan perpipaan. Jumlah penduduk Kelurahan Bulak Banteng terlayani setiap zona-nya disajikan pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Jumlah Penduduk Terayani

Zona	Blok	Luas Blok (m²)	Luas Blok (Ha)	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk
1	1-7	706465	70,65	77,29	23697
2	8-9	65098	6,51	7,12	2184
3	10-13	142504	14,25	15,59	4780
Jumlah		914067	91	100	30660

Setiap zona yang telah direncanakan kemudian dibuat blok-blok yang dibuat berdasarkan luas lahan dan kepadatan penduduk sehingga didapatkan perbandingan untuk menentukan persen pelayanan di setiap bloknya. Zona 1 dan Zona 2 perencanaan dilakukan dengan menggunakan jumlah penduduk eksisting karena tingkat kepadatan penduduk yang sangat tinggi. Zona 3 perencanaan dilakukan dengan menggunakan proyeksi hingga 20 tahun karena tingkat kepadatan penduduk masih rendah sebesar 15% dari wilayahnya. Proyeksi pada Zona 3 dilakukan juga berdasarkan Peta Rencana Pola Ruang Kota Surabaya yang digambarkan kedepannya wilayah Zona 3 yang saat ini sebagian besar wilayahnya difungsikan sebagai tambak akan dijadikan kawasan permukiman. Pembagian blok pada setiap zona dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9

Tabel 5. 8 Pembagian Blok Pelayanan Zona 1 dan Zona 2

Blok	Luas Blok (m²)	Luas Blok (Ha)	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1	106002	10,60	14	3543
2	110493	11,05	14	3693
3	109231	10,92	14	3651
4	102229	10,22	13	3417
5	96274	9,63	12	3218
6	81393	8,14	11	2721
7	100843	10,08	13	3371
8	26389	2,64	3	882
9	38709	3,87	5	1294
Total	771563	77,16	100,00	25791

Tabel 5. 9 Pembagian Blok Pelayanan Zona 3 Eksisting

Blok	Luas Blok (m²)	Luas Blok (Ha)	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1	111886	11,19	79	3753
2	30618	3,06	21	1027
Total	142504	14,25	100	4780

5.3.2 Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk pada Zona 3 dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No. 4 Tahun 2017 yang disebutkan bahwa proyeksi penduduk didasarkan pada rencana pengembangan daerah dan keseragaman tingkat kepadatan penduduk untuk penyelenggaraan selama 20 tahun mendatang. Jumlah penduduk Zona 3 eksisting berdasarkan perbandingan luas lahan dari keseluruhan luas wilayah Kelurahan Bulak Banteng sebesar 15,9%. Data jumlah penduduk pada Zona 3 disajikan pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 10 Data Penduduk Kelurahan Bulak Banteng

No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan Penduduk (Jiwa)	Prosentase Pertumbuhan (%)
1	2009	3785	0	0%
2	2010	4021	237	6,25%
3	2011	4412	391	9,71%
4	2012	4725	314	7,11%
5	2013	4950	225	4,76%
6	2014	4630	-321	-6,48%
7	2015	4869	239	5,17%
Jumah			848	20,27%
Rata-rata			212	5,07%
Deviasi				6,2%
Deviasi Max				11,3%
Deviasi Min				-1,1%

Data diatas menunjukkan hasil dari prosentase pertumbuhan terdapat data yang terdeviasi yaitu pada tahun 2014 sehingga data yang digunakan dalam proyeksi penduduk dari tahun 2009-2013. Perhitungan proyeksi penduduk terdapat tiga metode yang dapat digunakan yaitu metode aritmatik, geometrik, dan *least square*. Ketiga metode tersebut dicari koefisien korelasinya terlebih dahulu untuk mencari metode mana yang akan digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk. Hasil nilai *r* disajikan pada Tabel 5.11, Tabel 5.12, dan Tabel 5.13.

Tabel 5. 11 Nilai Korelasi Metode Aritmatik

Tahun	Jumlah Penduduk	X	Y	XY	X ²	Y ²	r
2009	3785	0	0	0,0	0	0,0	0,57
2010	4021	1	237	236,6	1	55985,2	
2011	4412	2	391	781,3	4	152605,9	
2012	4725	3	314	940,9	9	98363,8	
2013	4950	4	225	900,1	16	50633,8	
Jumlah	21893	10	1166	2858,9	30	357588,7	

Tabel 5. 12 Nilai Korelasi Metode Geometrik

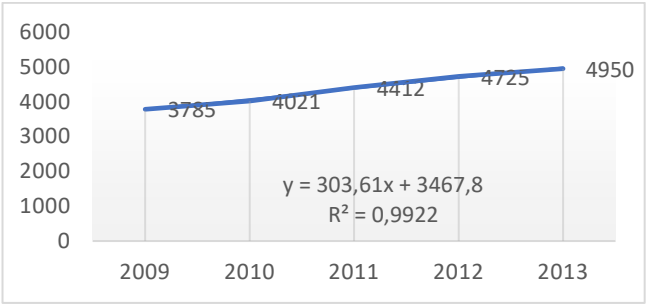
Tahun	Jumlah Penduduk	X	Y	XY	X ²	Y ²	r
2009	3785	1	8,2	8,2	1	67,9	0,995
2010	4021	2	8,3	16,6	4	68,9	
2011	4412	3	8,4	25,2	9	70,4	
2012	4725	4	8,5	33,8	16	71,6	
2013	4950	5	8,5	42,5	25	72,4	
Jumlah	21893	15	41,9	126,4	55	351,1	

Tabel 5. 13 Nilai Korelasi Metode *Least Square*

Tahun	Jumlah Penduduk	X	Y	XY	X ²	Y ²	r
2009	3785	1	3785	3784,5	1	14322603,7	0,996
2010	4021	2	4021	8042,3	4	16169515,4	
2011	4412	3	4412	13235,3	9	19463816,9	
2012	4725	4	4725	18901,6	16	22329514,8	
2013	4950	5	4950	24752,2	25	24506769,1	
Jumlah	21893	15	21893	68715,9	55	96792219,9	

Hasil perhitungan korelasi dengan ketiga metode tersebut, maka nilai koefisien korelasi yang dipilih dalam perencanaan ini

adalah nilai koefisien korelasi pada metode *Least Square* dari perhitungan diketahui nilai *r* paling mendekati 1.. Hasil dari metode *Least Square* dibuat persamaan garis linearnya sebagai berikut.



Gambar 5. 8 Garis Linear Metode *Least Square*

Persamaan garis linear yang telah diketahui kemudian digunakan sebagai rumus untuk proyeksi penduduk. Hasil dari proyeksi penduduk disajikan pada Tabel 5.14

Tabel 5. 14 Jumlah Penduduk Zona 3 Hasil Proyeksi

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2019	6808	2030	10147
2020	7111	2031	10451
2021	7415	2032	10754
2022	7718	2033	11058
2023	8022	2034	11362
2024	8326	2035	11665
2025	8629	2036	11969
2026	8933	2037	12272
2027	9236	2038	12576
2028	9540	2039	12880
2029	9844	2040	13183

Hasil proyeksi menunjukkan jumlah penduduk pada Zona 3 pada tahun 2040 sebesar 13.183 jiwa. Total penduduk Kelurahan Bulak Banteng setelah Zona 3 diproyeksikan disajikan pada Tabel 5.15

Tabel 5. 15 Jumlah Penduduk Kelurahan Bulak Banteng

Zona	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1	23615
2	2176
3	13183
Jumlah	38974

5.3.3 Alternatif Sistem Penyaluran Air Limbah

Kelurahan Bulak Banteng merupakan kawasan permukiman yang padat penduduk. Sistem yang dapat digunakan dalam penyaluran air limbah di Kelurahan Bulak Banteng adalah *Shallow Sewer* yang mana perpipaan air limbah domestik dangkal menyalurkan air limbah dengan kemiringan pipa yang lebih landai. Perpipaan air limbah domestik dangkal tergantung pada pembilasan air limbah untuk mengangkut buangan padat jika dibandingkan dengan cara konvensional yang mengandalkan *self cleansing*. Perpipaan air limbah domestik dangkal ini dipertimbangkan untuk daerah permukiman dengan kepadatan penduduk tinggi yang sebagian besar penduduknya sudah memiliki suplai air bersih dan kamar mandi pribadi. Sistem ini melayani air limbah domestik dari kamar mandi, cucian, pipa servis, pipa lateral serta dilengkapi dengan pengolahan air limbah sehingga dapat diterapkan pada wilayah perencanaan.

5.3.4 Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah didapatkan dari hasil survei rekening air bersih masyarakat Kelurahan Bulak Banteng. Jumlah responden yang dibutuhkan dihitung dengan menggunakan rumus Slovin dengan galat sebesar 10%. Kelurahan Bulak Banteng saat ini memiliki penduduk sebesar 30.660 jiwa dengan rata-rata anggota keluarga sebesar 3,68 jiwa/ KK sehingga didapatkan jumlah KK sebagai berikut.

- Total jumlah KK di Kelurahan Bulak Banteng

$$= \frac{30.660 \text{ jiwa}}{3,68 \text{ jiwa/KK}} = 8331,52 \text{ KK} \approx 8332 \text{ KK}$$
- Jumlah KK untuk dilakukan survei dengan rumus Slovin

$$= \eta = \frac{N}{1+Ne^2} = \frac{8332}{1+8332(0,1)^2} = 98,8 \text{ KK} \approx 99 \text{ KK}$$

Perhitungan jumlah KK untuk survei rekening air bersih dengan rumus Slovin sebesar 99 KK. Metode yang digunakan dalam menentukan responden adalah sampel acak berstrata (*stratified random sampling*). Data yang digunakan adalah pemakaian air bersih masyarakat Kelurahan Bulak Banteng selama 1 bulan terakhir yaitu Januari 2018 – Februari 2018. Langkah selanjutnya adalah pencarian pemakaian air untuk masing-masing nomor pelanggan melalui *website* PDAM Kota Surabaya. Data pemakaian air bersih disajikan dalam Tabel 5.16

Tabel 5. 16 Pemakaian Air Bersih di Kelurahan Bulak Banteng

No	Januari (m ³)	Februari (m ³)	Debit (m ³)	Debit per Hari (L)	Jiwa/Rumah	Debit per Orang.Hari (L)
1	2079	2093	14	466,67	3	155,56
2	2959	2984	25	833,33	4	208,33
3	404	426	22	733,33	4	183,33
4	989	1007	18	600,00	4	150,00
5	3157	3173	16	533,33	3	177,78
6	2062	2081	19	633,33	4	158,33
7	1410	1430	20	666,67	4	166,67
8	1101	1115	14	466,67	3	155,56
9	2496	2524	28	933,33	5	186,67
10	4127	4140	13	433,33	3	144,44
11	3204	3218	14	466,67	3	155,56
12	217	238	21	700,00	4	175,00

No	Januari (m ³)	Februari (m ³)	Debit (m ³)	Debit per Hari (L)	Jiwa/ Rumah	Debit per Orang.Hari (L)
13	801	819	18	600,00	4	150,00
14	1848	1862	14	466,67	3	155,56
15	2529	2555	26	866,67	5	173,33
16	1392	1403	11	366,67	2	183,33
17	1599	1612	13	433,33	3	144,44
18	1911	1934	23	766,67	4	191,67
19	1503	1513	10	333,33	2	166,67
20	1181	1202	21	700,00	4	175,00
21	1183	1194	11	366,67	2	183,33
22	2264	2286	22	733,33	4	183,33
23	2829	2852	23	766,67	4	191,67
24	1488	1505	17	566,67	3	188,89
25	1011	1027	16	533,33	3	177,78
26	2174	2195	21	700,00	4	175,00
27	2675	2685	10	333,33	2	166,67
28	1904	1930	26	866,67	5	173,33
29	2172	2195	23	766,67	4	191,67
30	1839	1853	14	466,67	3	155,56
31	1513	1533	20	666,67	4	166,67
32	1571	1602	31	1033,33	5	206,67
33	1297	1311	14	466,67	3	155,56
34	1393	1409	16	533,33	3	177,78
35	1729	1745	16	533,33	3	177,78
36	270	286	16	533,33	3	177,78
37	1157	1167	10	333,33	2	166,67
38	1404	1416	12	400,00	3	133,33

No	Januari (m³)	Februari (m³)	Debit (m³)	Debit per Hari (L)	Jiwa/ Rumah	Debit per Orang.Hari (L)
39	1903	1919	16	533,33	3	177,78
40	1748	1764	16	533,33	3	177,78
41	2904	2919	15	500,00	3	166,67
42	2156	2176	20	666,67	4	166,67
43	1622	1641	19	633,33	4	158,33
44	442	459	17	566,67	4	141,67
45	402	426	24	800,00	4	200,00
46	1826	1847	21	700,00	4	175,00
47	1487	1502	15	500,00	3	166,67
48	675	690	15	500,00	3	166,67
49	1974	1984	10	333,33	2	166,67
50	2403	2424	21	700,00	5	140,00
51	1723	1747	24	800,00	5	160,00
52	1409	1432	23	766,67	4	191,67
53	2000	2028	28	933,33	5	186,67
54	2033	2064	31	1033,33	6	172,22
55	2598	2626	28	933,33	5	186,67
56	1259	1270	11	366,67	3	122,22
57	2140	2162	22	733,33	4	183,33
58	711	725	14	466,67	3	155,56
59	1592	1614	22	733,33	4	183,33
60	1994	2013	19	633,33	4	158,33
61	2409	2424	15	500,00	3	166,67
62	2127	2154	27	900,00	5	180,00
63	2434	2451	17	566,67	4	141,67
64	3256	3286	30	1000,00	6	166,67

No	Januari (m ³)	Februari (m ³)	Debit (m ³)	Debit per Hari (L)	Jiwa/ Rumah	Debit per Orang.Hari (L)
65	1812	1831	19	633,33	4	158,33
66	3057	3079	22	733,33	4	183,33
67	2678	2699	21	700,00	4	175,00
68	304	314	10	333,33	2	166,67
69	1556	1566	10	333,33	2	166,67
70	1930	1947	17	566,67	4	141,67
71	2092	2110	18	600,00	4	150,00
72	1747	1765	18	600,00	3	200,00
73	1886	1905	19	633,33	4	158,33
74	903	918	15	500,00	3	166,67
75	3446	3473	27	900,00	5	180,00
76	1651	1676	25	833,33	5	166,67
77	2631	2679	48	1600,00	7	228,57
78	2117	2137	20	666,67	4	166,67
79	3019	3050	31	1033,33	6	172,22
80	2451	2468	17	566,67	4	141,67
81	1660	1676	16	533,33	4	133,33
82	1084	1111	27	900,00	4	225,00
83	2347	2365	18	600,00	3	200,00
84	3519	3534	15	500,00	3	166,67
85	1337	1357	20	666,67	4	166,67
86	1420	1438	18	600,00	4	150,00
87	1070	1081	11	366,67	2	183,33
88	2633	2646	13	433,33	3	144,44
89	2674	2694	20	666,67	4	166,67
90	3790	3805	15	500,00	3	166,67

No	Januari (m ³)	Februari (m ³)	Debit (m ³)	Debit per Hari (L)	Jiwa/ Rumah	Debit per Orang.Hari (L)
91	1314	1329	15	500,00	3	166,67
92	1874	1886	12	400,00	3	133,33
93	3196	3224	28	933,33	5	186,67
94	800	815	15	500,00	3	166,67
95	2818	2852	34	1133,33	5	226,67
96	2068	2084	16	533,33	3	177,78
97	683	694	11	366,67	2	183,33
98	935	951	16	533,33	3	177,78
99	3018	3038	20	666,67	4	166,67
Rata-rata Pemakaian Air						170,47
Rata-rata Air Limbah						119,33

Data diatas didapatkan pemakaian air bersih di Kelurahan Bulak Banteng sebesar 170,47 L/orang.hari. Perhitungan debit air limbah diasumsikan 70% dari penggunaan air bersih daerah pelayanan (Tchobanoglous, 1981) sehingga diperoleh debit air limbah per orang sebagai berikut.

- Q rata-rata air limbah *greywater*
 $= \text{Debit air limbah per orang.hari} \times 70\%$
 $= 170,47 \text{ L/orang.hari} \times 70\%$
 $= 119,33 \text{ L/orang.hari}$

Air limbah yang disalurkan yaitu *greywater* dan *blackwater*. Laju lumpur tinja (cairan dan endapan) sebesar 0,5 L/orang.hari (Kementerian PUPR, 2015). Perhitungan debit air limbah gabungan *blackwater* dan *greywater* sebagai berikut.

- Q rata-rata air limbah *blackwater* dan *greywater*
 $= \text{Debit } \textit{blackwater} + \text{debit } \textit{greywater}$
 $= 0,5 \text{ L/orang.hari} + 119,33 \text{ L/orang.hari}$
 $= 119,83 \text{ L/orang.hari}$

Perhitungan diatas didapatkan debit air limbah domestik sebesar 119,83 L/orang.hari. Langkah selanjutnya adalah jumlah penduduk setiap blok dikalikan dengan debit air limbah sehingga diperoleh debit rata-rata air limbah, kemudian dihitung debit puncak, dan debit minimum

- Contoh perhitungan pada Blok 1
 Jumlah penduduk = 3.543 orang
 Luas blok = 10,6 Ha

 Q rata-rata air limbah
 $= \text{Debit rata-rata air limbah} \times \text{jumlah penduduk}$
 $= 119,83 \text{ L/orang.hari} \times 3.543 \text{ orang}$
 $= 424.582,8 \text{ L/hari}$
 $= 424,58 \text{ m}^3/\text{hari}$

Debit puncak air limbah dihitung berdasarkan faktor puncak pengaliran air limbah yang ditentukan dengan persamaan

Harmon's. Persamaan ini menggunakan populasi penduduk dalam menentukan faktor puncaknya. Jumlah penduduk Kelurahan Bulak Banteng pada perencanaan ini adalah 38.670 jiwa dan faktor puncak pada pelayanan Kelurahan Bulak Banteng disamakan setiap pipanya agar debit air limbah yang masuk ke IPAL sama.

- Faktor puncak (Fp) berdasarkan persamaan Harmon's

$$= 1 + \frac{14}{4 + \left(\frac{P}{1000}\right)^{0,5}}$$

$$= 1 + \frac{14}{4 + \left(\frac{38670}{1000}\right)^{0,5}}$$

$$= 2,37$$

- Debit air limbah puncak
 = Debit rata-rata air limbah x Fp
 = 424,58 m³/hari x 2,37
 = 1.006,26 m³/hari

Sistem pengaliran air limbah ditetapkan infiltrasi apabila menggunakan pipa yang memiliki tingkat permeabilitas yang tinggi seperti pipa beton bertulang sehingga air diluar pipa dapat masuk kedalam pipa. Perencanaan ini digunakan pipa PVC khusus air limbah untuk meminimalisir masuknya air dari luar sehingga faktor infiltrasi dianggap tidak ada. Debit minimum digunakan untuk mengetahui pengaliran air disaat minimum yang dapat dihitung dengan rumus berikut.

- Debit minimum air limbah

$$= \frac{1}{5} x \left(\frac{\text{Jumlah Penduduk}}{1000} \right)^{0,2} x Q_{\text{rata - rata}}$$

$$= \frac{1}{5} x \left(\frac{3.543}{1000} \right)^{0,2} x 424,58 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 109,36 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Debit air limbah Zona 1, 2, dan 3 dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan Tabel 5.18.

Tabel 5. 17 Debit Air Limbah Zona 1 dan Zona 2

Blok	Layanan (%)	Jumlah Jiwa	Qrata-rata (L/hari)	Qrata-rata (m ³ /hari)	Fp	Qpuncak (m ³ /hari)	Qmin (m ³ /hari)
1	14	3543	424582,8	424,5	2,37	1006,26	109,36
2	14	3693	442571,1	442,5	2,37	1048,89	114,95
3	14	3651	437516,3	437,5	2,37	1036,91	113,37
4	13	3417	409470,3	409,4	2,37	970,44	104,71
5	12	3218	385618,0	385,6	2,37	913,91	97,43
6	11	2721	326013,3	326,0	2,37	772,65	79,65
7	13	3371	403918,8	403,9	2,37	957,29	103,01
8	3	882	105699,1	105,7	2,37	250,51	20,62
9	5	1294	155045,9	155,0	2,37	367,46	32,65
Total	100,00	25791	3090436,0	3090,4	2,37	7324,33	775,75

Tabel 5. 18 Debit Air Limbah Zona 3

Blok	Layanan (%)	Jumlah Jiwa	Qrata-rata (L/hari)	Qrata-rata (m ³ /hari)	Fp	Qpuncak (m ³ /hari)	Qmin (m ³ /hari)
10	20	2594	310838,8	310,8	2,37	736,69	75,22
11	26	3385	405653,4	405,6	2,37	961,40	103,54
12	27	3600	431400,6	431,4	2,37	1022,42	111,47
13	27	3604	431834,2	431,8	2,37	1023,45	111,61
Total	100,00	13183	1579727,2	1579,7	2,37	3743,95	401,85

5.4 Pembebanan Perpipa-an Air Limbah

Penyaluran air limbah dari daerah pelayanan menuju IPAL menggunakan saluran yang berupa pipa-pipa, dimulai dari pipa tersier, pipa sekunder, dan pipa primer. Pada pembebanan ini

diperoleh dari persen pelayanan setiap pipa sehingga diketahui jumlah penduduk yang dilayani. Hasil perhitungan untuk pembebanan pipa disajikan pada Tabel 5.19

Tabel 5. 19 Pembebanan Zona 1

No	Pipa	Blok/ Keterangan	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata- rata (m ³ /hari)
BLOK 1					
1	A99-A44	Blok 1	20	709	84,92
2	A92-A69	Blok 1	10	354	42,46
3	A81-A71	Blok 1	7	248	29,72
4	A82-A72	Blok 1	7	248	29,72
5	A89-A73	Blok 1	9	319	38,21
6	A93-A74	Blok 1	17	602	72,18
7	B2-A96	Blok 1	7	248	29,72
8	B3-A96	Blok 1	7	248	29,72
9	A83-A87	Blok 1	9	319	38,21
10	A96-A75	(+) Akumulasi No.7-9	30	1063	127,37
BLOK 2					
1	A44-A1	Blok 2	7	259	31,0
2	A68-A2	Blok 2	9	332	39,8
3	A3-A6	Blok 2	8	295	35,4
4	A7-A8	Blok 2	3	111	13,3
5	A9-A10	Blok 2	3	111	13,3
6	A11-A12	Blok 2	3	111	13,3
7	A20-A27	Blok 2	2	74	8,9
8	A32-A27	Blok 2	3	111	13,3
9	A19-A26	Blok 2	3	111	13,3

No	Pipa	Blok/ Keterangan	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata- rata (m ³ /hari)
10	A26-A31	Blok 2	3	111	13,3
11	A18-A25	Blok 2	3	111	13,3
12	A35-A25	Blok 2	3	111	13,3
13	A40-A24	Blok 2	3	111	13,3
14	A17-A24	Blok 2	3	111	13,3
15	A30-A23	Blok 2	3	111	13,3
16	A16-A23	Blok 2	3	111	13,3
17	A14-A22	Blok 2	3	111	13,3
18	A29-A22	Blok 2	4	148	17,7
19	A27-A21	(+) Akumulasi No. 7-18	36	1330	159,3
20	A33-A28	Blok 2	4	148	17,7
21	A41-A89	Blok 2	6	222	26,6
22	A42-A38	Blok 2	7	259	31,0
23	A69-A45	Blok 2	7	259	31,0
24	A49-A48	Blok 2	7	259	31,0
BLOK 3					
1	A49-A48	Blok 3	16	584	70,0
2	A51-A50	Blok 3	9	329	39,4
3	A57-A52	Blok 3	11	402	48,1
4	A59-A58	Blok 3	11	402	48,1
5	A61-A60	Blok 3	12	438	52,5
6	A65-A62	Blok 3	12	438	52,5
7	A67-A66	Blok 3	10	365	43,8
8	A109-B4	Blok 3	9	329	39,4
9	B13-B12	Blok 3	10	365	43,8

No	Pipa	Blok/ Keterangan	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata- rata (m ³ /hari)
BLOK 4					
1	B13-B12	Blok 4	12	410	49,1
2	B15-B14	Blok 4	13	444	53,2
3	B17-B16	Blok 4	13	444	53,2
4	B19-B18	Blok 4	10	342	40,9
5	B22-B21	Blok 4	3	103	12,3
6	B27-B26	Blok 4	3	103	12,3
7	B32-B31	Blok 4	3	103	12,3
8	B36-B35	Blok 4	4	137	16,4
9	B41-B40	Blok 4	4	137	16,4
10	B46-B45	Blok 4	4	137	16,4
11	B51-B50	Blok 4	4	137	16,4
12	B57-B56	Blok 4	4	137	16,4
13	B58-B55	Blok 4	5	171	20,5
14	B61-B60	Blok 4	5	171	20,5
15	B64-B63	Blok 4	5	171	20,5
16	B67-B66	Blok 4	3	103	12,3
17	B72-B71	Blok 4	5	171	20,5
BLOK 5					
1	B21-B20	Blok 5	8	257	30,8
2	B26-B23	Blok 5	9	290	34,7
3	B31-B28	Blok 5	8	257	30,8
4	B35-B33	Blok 5	7	225	27,0
5	B40-B37	Blok 5	6	193	23,1
6	B45-B42	Blok 5	6	193	23,1
7	B50-B47	Blok 5	6	193	23,1

No	Pipa	Blok/ Keterangan	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata- rata (m ³ /hari)
8	B55-B52	Blok 5	6	193	23,1
9	B60-B59	Blok 5	6	193	23,1
10	B63-B62	Blok 5	6	193	23,1
11	B66-B65	Blok 5	6	193	23,1
12	B71-B68	Blok 5	6	193	23,1
13	B74-B73	Blok 5	4	129	15,4
14	B77-B76	Blok 5	4	129	15,4
15	B79-B78	Blok 5	4	129	15,4
16	B81-B80	Blok 5	4	129	15,4
17	B83-B82	Blok 5	4	129	15,4
BLOK 6					
1	B88-B87	Blok 6	5	136	16,3
2	C4-C3	Blok 6	5	136	16,3
3	C6-C5	Blok 6	5	136	16,3
4	C8-C7	Blok 6	5	136	16,3
5	C16-CX15	Blok 6	5	136	16,3
6	C22-C21	Blok 6	4	109	13,0
7	C26-C25	Blok 6	4	109	13,0
8	C32-C31	Blok 6	4	109	13,0
9	C36-C35	Blok 6	4	109	13,0
10	C40-C39	Blok 6	4	109	13,0
11	C46-C45	Blok 6	4	109	13,0
12	C51-C50	Blok 6	4	109	13,0
13	C55-C54	Blok 6	4	109	13,0
14	C59-C58	Blok 6	4	109	13,0
15	C67-C70	Blok 6	4	109	13,0

No	Pipa	Blok/ Keterangan	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata- rata (m ³ /hari)
16	C66-C69	Blok 6	4	109	13,0
17	C65-C68	Blok 6	4	109	13,0
18	C70-C73	(+) Akumulasi No.15-17	15	408	48,9
19	C64-C72	Blok 6	5	136	16,3
20	C71-C73	(+) Akumulasi No.19	7	190	22,8
21	C76-C75	Blok 6	5	136	16,3
22	C75-C78	(+) Akumulasi No.18, 20, 21	29	789	94,5
23	C77-C79	Blok 6	5	136	16,3
24	C80-C74	(+) Akumulasi No. 22, 23	39	1061	127,1
BLOK 7					
1	B85-B84	Blok 7	4	135	16,2
2	B91-B90	Blok 7	3	101	12,1
3	B94-B100	Blok 7	3	101	12,1
4	B95-C1	Blok 7	2	67	8,1
5	C1-B89	(+) No. 2, 3, 4	8	270	32,3
6	C14-C13	Blok 7	4	135	16,2
7	C20-C17	Blok 7	4	135	16,2
8	C24-C23	Blok 7	4	135	16,2
9	C30-C27	Blok 7	4	135	16,2
10	C34-C33	Blok 7	4	135	16,2

No	Pipa	Blok/ Keterangan	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata- rata (m ³ /hari)
11	C38-C37	Blok 7	4	135	16,2
12	C44-C41	Blok 7	5	169	20,2
13	C49-C48	Blok 7	5	169	20,2
14	C53-C52	Blok 7	5	169	20,2
15	C57-C56	Blok 7	5	169	20,2
16	C63-C60	Blok 7	5	169	20,2
17	C60-C41	(+) Akumulasi No.13-16	49	1652	197,9
18	C74-C81	Blok 7	10	337	40,4
PIPA MENUJU PERLINTASAN 2					
1	C81-B84	Blok 7	100	3371	403,9
2	B84-B20	Blok 7 + Blok 5		6589	789,5
3	C74-B71	Blok 6		2721	326,0
4	B71-B20	Blok 6 + Blok 4		6138	735,5
5	B20-A48	Blok 3 + Blok 4-9		18554	2223,3
6	A48-A1	Blok 2 + Blok 3-9		22247	2665,9
7	A75-A1	Blok 1		3543	424,6
8	A1-E3	Akumulasi	100	25791	3090,4

Tabel 5. 20 Pembebanan Pipa Zona 2

No	Pipa	Blok/ Saluran	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata- rata (m ³ /hari)
BLOK 8					
1	D3-D15	8	9	79	9,5
2	D4-D16	8	9	79	9,5
3	D5-D17	8	19	168	20,1
4	D15-D20	8	37	326	39,1
5	D6-D5	8	9	79	9,5
6	D8-D7	8	8	71	8,5
7	D10-D9	8	8	71	8,5
8	D12-D11	8	8	71	8,5
9	D14-D13	8	10	88	10,6
10	D19-D18	8	13	115	13,7
11	D20-D17	8	7	62	7,4
BLOK 9					
1	C81-C82	9	11	142	17,1
2	C83-C84	9	9	116	14,0
3	C85-C86	9	9	116	14,0
4	C87-C88	9	12	155	18,6
5	C89-C90	9	10	129	15,5
6	C91-C92	9	6	78	9,3
7	C94-C93	9	6	78	9,3
8	C96-C95	9	6	78	9,3
9	C97-C98	9	8	104	12,4
10	C99-C100	9	10	129	15,5
11	D1-D2	9	13	168	20,2
PIPA MENUJU PERLINTASAN 1					

No	Pipa	Blok/ Saluran	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata- rata (m ³ /hari)
1	D20-D2	8	100	882	105,7
2	D2-C82	9		1294	155,0
3	C82-B14	Akumulasi Blok 1 dan Blok 2		2176	260,7

Tabel 5. 21 Pembebanan Zona 3

No	Pipa	Blok/ Saluran	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata- rata (m ³ /hari)
BLOK 10					
1	D49-D29	10	33	291	34,9
2	D50-D30	10	33	291	34,9
3	D51-D32	10	34	300	35,9
4	D32-D29	Akumulasi No. 2-3	100	882	105,7
BLOK 11					
1	D58-D56	11	9	79	9,5
2	D55-D54	11	8	71	8,5
3	D61-D59	11	12	106	12,7
4	D67-D69	11	24	212	25,4
5	D71-D69	11	13	115	13,7
6	D75-D69	11	13	115	13,7
7	D82-D69	11	13	115	13,7
8	D69-D68	11	8	71	8,5

No	Pipa	Blok/ Saluran	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata- rata (m ³ /hari)
BLOK 12					
1	D100-D99	12	20	176	21,1
2	D98-D96	12	16	141	16,9
3	D95-D93	12	14	123	14,8
4	D92-D89	12	16	141	16,9
5	D88-D86	12	16	141	16,9
6	D85-D83	12	18	159	19,0
7	D99 - E4	Akumulasi	100	882	105,7
BLOK 13					
1	D32-D24	13	40	353	42,3
2	D31-D23	13	35	309	37,0
3	D29-D22	13	25	221	26,4
4	D22-E3	Akumulasi	100	882	105,7
HASIL PROYEKSI (PIPA SEKUNDER)					
1	D80-D49	11	26	3385	405,7
2	D49-D29	10	20	2594	310,8
3	D29-D22	13	27	3604	431,8
4	E1-X	12	27	3600	431,4
5	E3-X	Akumulasi	100	35374	4238,8
6	X-IPAL	Akumulasi	100	38974	4670,2

5.5 Dimensi Perpipaan Air Limbah

Perhitungan dimensi pipa air limbah domestik dilaksanakan berdasarkan pembebanan debit pada tiap jalur pipa yang berasal dari berbagai sumber air limbah. Desain kapasitas pada setiap bagian pipa ditentukan berdasarkan perhitungan debit rata-rata, debit minimal, dan debit puncak dari permukiman.

Langkah-langkah perhitungan dimensi pipa air limbah sebagai berikut.

- **Jalur A81-A71**

Diketahui :

- Panjang pipa = 136,3 m
- Elevasi medan awal = 2,81
- Elevasi medan akhir = 2,78
- Qrata-rata = 29,7 m³/hari
- Qpuncak = 70,44 m³/hari
- Qminimal = 4,50 m³/hari
- Koef. *manning* PVC (n) = 0,012

1. Menghitung slope medan berdasarkan elevasi medan.

$$S = \frac{\Delta H}{L} = \frac{2,81 - 2,78}{136,2} = 0,0002$$

Perhitungan diatas didapatkan nilai slope medan bernilai 0,0002 sehingga agar air dalam pipa tetap dapat mengalir, slope direncanakan menjadi 0,006.

2. Menentukan nilai d/D untuk mendapatkan nilai Qpeak/Qfull. Nilai d/D direncanakan sebesar 0,8. Nilai d/D kemudian diplotkan pada grafik *Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section* sehingga didapatkan nilai Qpeak/Qfull sebesar 0,975.
3. Menghitung nilai Qfull dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Q_{full} = \frac{Q_{peak}}{Q_{peak}/Q_{full}} = \frac{70,44 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,975} = 72,24 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4. Menghitung diameter pipa dengan persamaan berikut.

$$Q_{full} = \frac{0,3117}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$0,00083 \text{ m}^3/\text{detik} = \frac{0,3117}{0,012} \times D^{\frac{8}{3}} \times 0,006^{\frac{1}{2}}$$

Perhitungan diatas menghasilkan diameter sebesar 53,95 mm. Diameter pipa kemudian dicari diameter pasar-nya sehingga digunakan pipa dengan diameter dalam sebesar 104 mm.

5. Menghitung cek nilai Q_{full} dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Q_{full} = \frac{0,3117}{0,012} \times 0,104^{\frac{8}{3}} \times 0,006^{\frac{1}{2}} = 0,005 \text{ m}^3/\text{detik}$$

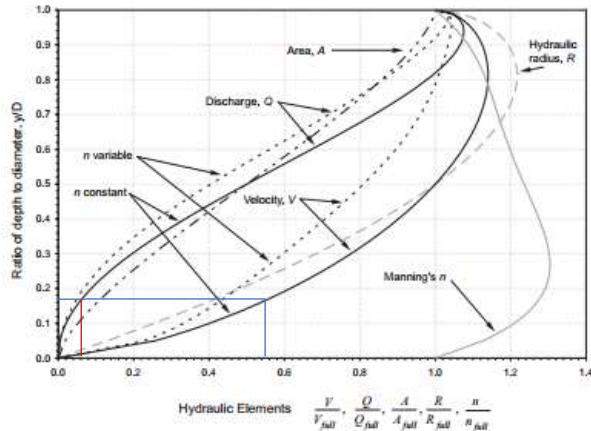
6. Menghitung cek nilai V_{full} dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V_{full} = \frac{Q_{full}}{\frac{1}{4} \times \pi \times r^2} = \frac{0,005 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,104^2} = 0,6 \text{ m/s}$$

7. Menghitung cek nilai Q_{min}/Q_{full}

$$Q_{min}/Q_{full} = \frac{Q_{min}}{Q_{full}} = \frac{0,000052 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{0,005 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}} = 0,01$$

8. Menentukan nilai d_{min}/D dan V_{min}/V_{full} menggunakan grafik *Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section*. Nilai d_{min}/D didapatkan dengan cara menarik garis nilai Q_{min}/Q_{full} ke garis *discharge* Q kemudian ditarik ke sumbu Y. Nilai d_{min}/D didapatkan sebesar 0,12. Nilai V_{min}/V_{full} didapatkan dari sumbu Y yang ditarik garis ke kanan hingga memotong grafik *velocity* (v). Nilai V_{min}/V_{full} didapatkan sebesar 0,44.



9. Menghitung nilai V_{min} dengan persamaan berikut.

$$V_{min} = \frac{V_{min}}{V_{full}} \times V_{full} = 0,44 \times 0,6 \text{ m/s} = 0,26 \text{ m/s}$$

Kecepatan minimum pipa hasil perhitungan didapatkan 0,26 m/s. Kriteria desain kecepatan pipa minimum ditetapkan sebesar 0,6 m/s sehingga dalam perhitungan diatas belum memenuhi. Perpipaan air limbah domestik dengan sistem *shallow sewer* bergantung pada pembilasan air limbah untuk mengangkut buangan padat jika dibandingkan dengan cara konvensional yang mengandalkan *self cleansing*.

10. Menghitung volume penggelontoran

Penggelontoran dilaksanakan saat debit dan kecepatan aliran minimal, yang kedalaman renang air limbah tidak cukup untuk membersihkan tinja/ endapan padat. Volume air yang dibutuhkan untuk penggelontoran dihitung dengan persamaan berikut.

Volume air penggelontoran

$$H_{min} = d_{min}/D \times D_{pakai}$$

$$= 0,12 \times 0,104 \text{ m} = 0,01 \text{ m}$$

$$H_{min} \text{ yang dipersyaratkan} = 0,05 \text{ m}$$

ΔA gelontor

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times h_{\text{min}}^2\right) - \left(\frac{1}{4} \times \pi \times h_{\text{min}}^2\right) \\ &= \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,05^2\right) - \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,01^2\right) \\ &= 0,004 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{gelontor}} &= \Delta A_{\text{gelontor}} \times V_{\text{min}} \text{ syarat} \\ &= 0,004 \text{ m}^2 \times 0,6 \text{ m}^2/\text{s} \\ &= 0,002 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume gelontor} &= Q_{\text{gelontor}} \times (\text{Panjang pipa} / V_{\text{min}} \text{ syarat}) \\ &= 0,002 \text{ m}^3/\text{s} \times (136,3 \text{ m} / 0,6 \text{ m/s}) \\ &= 0,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Penggelontoran dilakukan pada masing-masing blok di titik terjauhnya agar pengoperasian efisien. Volume penggelontoran yang diperlukan setiap blok disajikan pada Tabel 5.22

Tabel 5. 22 Volume Air Gelontor tiap Blok

Blok	Volume (m ³)	Blok	Volume (m ³)
1	11,3	8	5,5
2	16,8	9	6
3	15,4	10	6,8
4	18,5	11	5
5	14,3	12	4,2
6	13,5	13	2,5
7	14	Total	133,8

Penggelontoran dilakukan pada saat terjadi debit minimum setiap harinya dengan truk tangki air dengan debit 15 L/ detik selama 10-15 menit di setiap bloknya. Hasil perhitungan dimensi perpipaan disajikan pada **Lampiran 2**.

5.6 Penanaman Perpipaan Air Limbah

Perencanaan penanaman pipa dilaksanakan dengan mempertimbangkan persyaratan teknis yaitu kemudahan dalam

pengoperasian dan pemeliharaan, biaya konstruksi, dan kedalaman pipa. Penanaman pipa disesuaikan dengan *slope* pipa yang telah diperhitungkan agar air limbah dapat mengalir secara gravitasi sehingga sedapat mungkin pemompaan tidak diperlukan. Kedalaman penanaman pipa minimal diperlukan untuk perlindungan pipa dari beban di atasnya dan gangguan lain. Kedalaman maksimal pipa untuk *open trench* 7 m atau dipilih kedalam ekonomis atas pertimbangan biaya dan kemudahan atau resiko pelaksanaan galian dan pemasangan pipa. Pompa digunakan apabila penanaman pipa telah mencapai 7 meter. Berikut contoh perhitungan penanaman pipa pada Jalur A81-A71.

- **Jalur pipa A81-A71**

Muka Tanah

- Elevasi tanah awal : 2,81 m

- Elevasi tanah akhir : 2,78 m

Pipa a-A

Panjang pipa (L) : 136,3 m

Slope pipa (S) : 0,006

Diameter luar pipa : 0,110 m

Kedalaman penanaman awal : 0,6 m

- Elevasi awal pipa

- Elevasi atas = Elevasi medan awal – 0,6

= 2,81 – 0,6 = 2,21 m

- Elevasi bawah

= Elevasi medan awal - HL

= 2,81 – 0,82 = 1,99 m

- Elevasi akhir pipa

- Elevasi atas = Elevasi awal atas pipa – D

= 2,21 – 0,110 = 2,10 m

- Elevasi bawah

= Elevasi awal bawah pipa - HL

= 2,10 – 0,82 = 1,28 m

- Kedalaman penanaman

Awal = elevasi medan awal – elevasi awal pipa bawah

= 2,81 – 2,10 = 0,71 m

Akhir = elevasi medan akhir – elevasi akhir pipa bawah

= 2,78 – 1,28 = 1,50 m

Perhitungan kedalaman penanaman pipa dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

5.7 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap pada jaringan perpipaan air limbah berfungsi untuk menunjang dan menjamin sistem perpipaan berjalan dengan baik. Bangunan pelengkap pada perencanaan ini antara lain bak kontrol, *manhole*, dan stasiun pompa.

5.7.1 Bak Kontrol

Bak kontrol merupakan prasarana pendukung sub-sistem pelayanan yang berfungsi sebagai prasarana untuk menahan sampah atau benda yang dapat menyumbat pipa pengumpulan air limbah. Perencanaan bak kontrol dipasang sesuai jumlah rumah terlayani. Perhitungan bak kontrol sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 T_d &= 30 \text{ menit} \\
 \text{Kedalaman} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Qrata-rata} &= 119,83 \text{ L/orang.hari} \times 4 \text{ orang} \\
 &= 479,32 \text{ L/KK.hari} \\
 \text{Faktor peak} &= 2 \\
 Q_{\text{peak}} &= 479,32 \text{ L/KK.hari} \times 2 \\
 &= 958,64 \text{ L/KK.hari} \\
 &= 0,039 \text{ m}^3/\text{KK.jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak kontrol} &= Q_{\text{peak}} \times T_d \\
 &= 0,039 \text{ m}^3/\text{KK.jam} \times 0,5 \text{ jam} \\
 &= 0,0195 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Asurface bak kontrol

$$= \frac{\text{Volume Bak}}{\text{Kedalaman Bak}} = \frac{0,0195 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}} = 0,065 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar bak kontrol} &= 0,25 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m} \\
 \text{Panjang bak kontrol} &= 0,25 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman} &= 0,30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5.7.2 Manhole

Manhole merupakan lubang tempat pemeriksaan pipa dari kotoran yang terbawa aliran. Lokasi penempatan *manhole* sebagai berikut.

- Pada jalur saluran yang lurus, dengan jarak tertentu tergantung diameter saluran.
- Pada setiap perubahan kemiringan saluran, perubahan diameter, dan perubahan arah aliran, baik vertikal maupun horizontal.
- Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan (*intersection*) dengan pipa atau bangunan lain.

Jenis dan jumlah manhole pada daerah pelayanan disajikan pada Tabel 5.23.

Tabel 5. 23 Jenis dan Jumlah Manhole Daerah Pelayanan

No	Jenis Manhole	Zona 1	Zona 2	Zona 3
		buah	buah	buah
1	Lurus	138	16	21
2	Belokan	39	6	4
3	Pertigaan	106	19	23
4	Perempatan	5	0	0
5	Drop	1	2	1

5.7.3 Stasiun Pompa

Air limbah yang kedalaman pipanya sudah mencapai batas 7m harus dipompa agar tetap dapat mengalir. Jenis pompa yang dapat digunakan adalah pompa yang tidak akan tersumbat oleh partikel terbesar dari air buangan atau oleh kepekatan lumpur. Pada perencanaan SPAL ini diperlukan 3 stasiun pompa.

- Stasiun Pompa

Direncanakan:

- Jumlah pompa = 2 disetiap stasiun pompa
- V air pada pipa = 1,5 m/s
- Q pipa = 0,14 m³/detik

Perhitungan:

Pipa discharge

- Luas(A) tiap pipa

$$= \frac{Q}{V} = \frac{0,081 \text{ m}^3/\text{detik}}{1,5 \text{ m}/\text{detik}} = 0,054 \text{ m}^2$$

- Diameter pipa

$$= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,054}{\pi}} = 0,26 \text{ m} \approx 300 \text{ mm}$$

- Cek kecepatan aliran

$$= \frac{Q}{A} = \frac{0,054 \text{ m}^3}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,3^2} = 0,76 \text{ m}/\text{detik}$$

Pemompaan

Q tiap pompa = 0,081 m³/s

Headloss pompa

Head statis = 7 m

Panjang pipa discharge (Ldis) = 4,5 m

Mayor Losses

$$\begin{aligned} \text{Hf discharge} &= \left[\frac{Q}{0,00155 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{81}{0,00155 \cdot 120 \cdot 30^{2,63}} \right]^{1,85} \times 4,5 = 0,022 \text{ m} \end{aligned}$$

Minor Losses

$$\text{Head velocity} = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,76^2}{2 \times 9,81} = 0,02 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Hfm belokan (k = 0,25)} &= k \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,0073 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf total} &= \text{Head statis} + \text{Hf mayor} + \text{Hf minor} + \text{Head velocity} \\ &= 7 \text{ m} + 0,022 \text{ m} + 0,0073 \text{ m} + 0,02 \text{ m} \\ &= 7,049 \text{ m} \end{aligned}$$

Power Pompa

Densitas = 1000 kg/m³

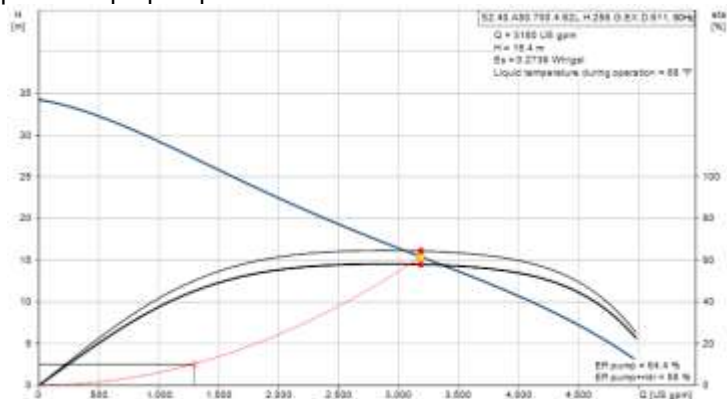
$$\begin{aligned} \text{Power Pompa} &= g \times Q \text{ tiap pompa} \times \text{Hf total} \times \text{densitas} \\ &= 9,81 \times 0,081 \text{ m}^3/\text{s} \times 2,54 \text{ m} \times 1000 \text{ kg}/\text{m}^3 \\ &= 2018 \text{ watt} \end{aligned}$$

Efisiensi pompa = 60 %
 = 2018 / 60%
 = 3364 watt

Tipe Pompa

Q tiap pompa = $0,081 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s}$
 = $291,6 \text{ m}^3/\text{jam}$
 Hf total = 7,049 m

Pompa dalam perencanaan ini digunakan pompa dan untuk pemilihan tipe pompa, head dan debit di cari pada situs grundfos diperoleh tipe pompa S2.40.A80.700.4.62L.H.256.G.EX.D.611



Gambar 5. 9 Grafik Hubungan Debit dan Head Pompa

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 6

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

6.1 Tahap Perencanaan Awal

Tahapan awal ini merupakan tahap umum perencanaan yang bertujuan untuk menentukan proses dan unit pengolahan yang akan diterapkan pada IPAL dengan memperhatikan kesesuaiannya terhadap luasan lahan.

6.1.1 Periode Perencanaan IPAL

Proses perencanaan suatu instalasi pengolahan air limbah ada dua yaitu:

- Initial years* adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan konstruksi bangunan dan bangunan yang siap beroperasi.
- Design years* adalah tahun dimana bangunan mencapai kapasitas yang direncanakan.

Perencanaan penyelenggaraan IPAL jangka panjang merupakan rangkaian dari keseluruhan penyelenggaraan di sektor air limbah domestik untuk jangka waktu 20 (dua puluh) tahun. Periode perencanaan yang digunakan adalah 20 tahun mulai tahun 2020 sampai tahun 2040. *Initial years* direncanakan selama 2 tahun termasuk waktu untuk perencanaan, masa tender, dan waktu pembangunan instalasi yang dimulai pada tahun 2018.

6.1.2 Kuantitas dan Kualitas Air Limbah Domestik

Kuantitas air limbah yang akan diolah pada instalasi pengolahan air limbah sebagai berikut

- | | |
|-------------------|-------------------------------|
| - Debit rata-rata | = 0,054 m ³ /detik |
| - Debit maksimum | = 0,081 m ³ /detik |
| - Debit puncak | = 0,128 m ³ /detik |
| - Debit minimal | = 0,013 m ³ /detik |

Debit yang digunakan pada perencanaan proses pengolahan air limbah adalah debit rata-rata agar kapasitas IPAL dapat menampung beban yang cukup. Kualitas air limbah yang

diolah berupa *blackwater* dan *greywater* didapatkan dari hasil analisis laboratorium. Hasil analisis sampel sebagai berikut.

Tabel 6. 1 Kualitas Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu
pH	-	7,89	6 s.d. 9
TSS	mg/L	240,8	30
BOD ₅	mg/L	190,3	30
COD	mg/L	415,7	100
Minyak dan Lemak	mg/L	12,1	5
Ammonia	mg/L	35,8	10
Total Coliform	MPN/100 mL	1600 x 10 ⁴	3000

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium

6.1.3 Pemilihan Jenis Pengolahan

Efisiensi removal sistem pengolahan merupakan suatu hal yang harus diketahui agar dapat diketahui apakah jenis pengolahan yang ditentukan telah efektif dan efisien. Efisiensi pengolahan disajikan pada Tabel 6.2.

Tabel 6. 2 Efisiensi Removal Unit

Unit Pengolahan	Efisiensi Removal (%)			
	TSS	BOD	COD	Ammonia
Sumur Pengumpul	-	-	-	-
Bar Screen	-	-	-	-
Bak Pengendap ^a	50-65	30-40	30-40	10-20
Aerated Lagoon ^b	39	65-75	61-71	15-20 ^e
Parit Oksidasi ^c	80-90	85-90	85-90	70
Trickling Filter ^d	60-70	60-70	60-70	15-25

Sumber :^aMetcalf, 1991; ^bPatricia, 2011; ^cPUPR, 2017; ^dKadu, 2013; ^eUS-EPA, 2002.

Efisiensi removal dari masing-masing bangunan kemudian dilakukan perhitungan berdasarkan karakteristik air limbah yang akan diolah pada Tabel berikut.

Tabel 6. 3 Alternatif Pengolahan 1

Parameter	Inlet	BP I		Aerated Lagoon + Clarifier	
	(mg/l)	Removal	Efluen	Removal	Efluen
TSS	240,8	50%	120,4	39%	73,4
BOD	190,3	30%	133,2	65%	46,6
COD	415,7	30%	291,0	61%	113,5
Ammonia	35,8	10%	32,2	15%	27,4

Tabel 6. 4 Alternatif Pengolahan 2

Parameter	Inlet	BP I		Parit Oksidasi + Clarifier	
	(mg/l)	Removal	Efluen	Removal	Effluen
TSS	240,8	50%	120,4	80%	24,1
BOD	190,3	30%	133,2	85%	20,0
COD	415,7	30%	291,0	85%	43,6
Ammonia	35,8	10%	32,2	70%	9,7

Tabel 6. 5 Alternatif Pengolahan 3

Parameter	Inlet	BP I		Trickling Filter + Clarifier	
	(mg/l)	Removal	Efluen	Removal	Effluen
TSS	240,8	65%	84,3	60%	33,7
BOD	190,3	30%	133,2	60%	53,3
COD	415,7	30%	291,0	60%	116,4
Ammonia	35,8	75%	9,0	15%	7,6

Perbandingan alternatif diatas disamakan menggunakan pengolahan aerob dan digunakan pengolahan fisik menggunakan *barscreen* & Bak Pengendap I. Penyisihan minyak dan lemak

direncanakan *grease trap* yang dipasang disetiap bak kontrol SR sehingga dapat dilakukan penyisihan sebesar 80%. Pengolahan akhir menggunakan unit desinfeksi untuk penyisihan total coliform agar air limbah efluen sesuai dengan baku mutu.

Proses pengolahan yang dibutuhkan ditentukan berdasarkan dua aspek antara lain aspek teknis dan non teknis. Aspek teknis yaitu kemudahan pengoperasian, ketersediaan SDM, kualitas efluen. Aspek non teknis yaitu ketersediaan lahan dan ketersediaan biaya investasi dan pengoperasian. Metode pemilihan pengolahan dilakukan dengan cara membuat matriks keunggulan dan kerugian dari masing-masing unit pengolahan.

Tabel 6. 6 Matriks Pemilihan Biaya Investasi dan O.M

Biaya Investasi dan O.M	Alternatif	Rating Performance				Performance Factor
		1	2	3	4	
	Alternatif 1		√			1. Membutuhkan biaya investasi dan biaya O.M yang tinggi
	Alternatif 2		√			2. Membutuhkan biaya investasi yang tinggi, namun biaya O.M rendah
	Alternatif 3		√			3, Membutuhkan biaya investasi yang rendah, namun biaya O.M tinggi
						4. Membutuhkan biaya investasi dan biaya O.M yang rendah

Tabel 6. 7 Matriks Pemilihan Kebutuhan Lahan

Kebutuhan Lahan	Alternatif	Rating Performance				Performance Factor
		1	2	3	4	1. lahan yang dibutuhkan luas
	Alternatif 1	√				2. Beberapa unit dapat dijadikan satu bangunan
	Alternatif 2		√			3. Hampir semua unit pengolahan dapat dijadikan satu bangunan
	Alternatif 3		√			4. Bangunan terintegrasi, lahan kecil

Tabel 6. 8 Matriks Pemilihan Kebutuhan SDM

Kebutuhan SDM	Alternatif	Rating Performance				Performance Factor
		1	2	3	4	1. SDM yang banyak, membutuhkan keahlian khusus
	Alternatif 1			√		2. SDM yang banyak, non keahlian khusus
	Alternatif 2			√		3. SDM yang sedikit, keahlian khusus
	Alternatif 3			√		4. SDM yang sedikit, non keahlian khusus

Skala penilaian yang melihat dari *removal*/pengolahan dan juga penilaian dari aspek-aspek yang lain, maka ditetapkan bahwa alternatif kedua adalah jenis pengolahan yang nantinya akan digunakan dalam pengolahan limbah tersebut.

6.1.4 Keseimbangan Massa

Perhitungan keseimbangan massa dilakukan pada alternatif pengolahan limbah yang telah dipilih, yaitu alternatif 2.

Tabel 6. 9 Kualitas Influen Limbah Unit Bak Pengendap I

Parameter	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
Q Inff BP I	4665,6	m ³ /hari		
[TSS]	240,8	mg/Lt	0,241	kg/m ³
[BOD]	190,3	mg/Lt	0,190	kg/m ³
[COD]	415,7	mg/Lt	0,416	kg/m ³
[Ammonia]	35,8	mg/Lt	0,036	kg/m ³

Tabel 6. 10 Massa Influen Limbah Unit Bak Pengendap I

Parameter	Removal	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	50%	50% x [M TSS]	1123,5	kg/hari
[BOD]	30%	30% x [M BOD]	887,9	kg/hari
[COD]	30%	30% x [M COD]	1939,5	kg/hari
[Ammonia]	10%	10% X [M N]	167,0	kg/hari

Tabel 6. 11 Massa Removal Limbah Unit Bak Pengendap I

Parameter	Removal	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	65%	50% x [M TSS]	730,26	kg/hari
[BOD]	40%	30% x [M BOD]	355,15	kg/hari
[COD]	40%	30% x [M COD]	775,80	kg/hari
[Ammonia]	20%	10% X [M N]	33,41	kg/hari

Tabel 6. 12 Massa Efluen Limbah Unit Bak Pengendap I

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	[M TSS inf] - [M TSS rem.]	393,22	kg/hari
[BOD]	[M BOD inf] - [M BOD rem.]	532,72	kg/hari
[COD]	[M COD inf] - [M COD rem.]	1163,69	kg/hari
[Ammonia]	[M N inf] - [M N rem.]	133,62	kg/hari

Tabel 6. 13 Kualitas Efluen Limbah Unit Bak Pengendap I

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	$[M \text{ TSS} / Q \text{ eff}] * 1000$	84,50	mg/Lt
[BOD]	$[M \text{ BOD} / Q \text{ eff}] * 1000$	114,47	mg/Lt
[COD]	$[M \text{ COD} / Q \text{ eff}] * 1000$	250,06	mg/Lt
[Ammonia]	$[M \text{ N} / Q \text{ eff}] * 1000$	28,71	mg/Lt

Tabel 6. 14 Massa Influen Limbah Unit Parit Oksidasi

Parameter	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
Q Inff OD	4653,67	m ³ /hari		
[TSS]	84,50	mg/Lt	0,084	kg/m ³
[BOD]	114,47	mg/Lt	0,114	kg/m ³
[COD]	250,06	mg/Lt	0,250	kg/m ³
[Ammonia]	28,71	mg/Lt	0,029	kg/m ³

Tabel 6. 15 Massa Removal Limbah Unit Parit Oksidasi

Parameter	Removal	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	80%	$80\% \times [M \text{ TSS}]$	393,2	kg/hari
[BOD]	85%	$85\% \times [M \text{ BOD}]$	532,7	kg/hari
[COD]	85%	$85\% \times [M \text{ COD}]$	1163,7	kg/hari
[Ammonia]	70%	$70\% \times [M \text{ N}]$	133,6	kg/hari

Tabel 6. 16 Massa Efluen Limbah Unit Parit Oksidasi

Parameter	Removal	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	80%	$80\% \times [M \text{ TSS}]$	314,57	kg/hari
[BOD]	85%	$85\% \times [M \text{ BOD}]$	452,81	kg/hari
[COD]	85%	$85\% \times [M \text{ COD}]$	989,14	kg/hari
[Ammonia]	70%	$70\% \times [M \text{ N}]$	93,54	kg/hari

Tabel 6. 17 Kualitas Efluen Limbah Unit Parit Oksidasi

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	$[M \text{ TSS} / Q \text{ eff}] * 1000$	13,10	mg/Lt
[BOD]	$[M \text{ BOD} / Q \text{ eff}] * 1000$	13,31	mg/Lt
[COD]	$[M \text{ COD} / Q \text{ eff}] * 1000$	29,07	mg/Lt
[Ammonia]	$[M \text{ N} / Q \text{ eff}] * 1000$	6,68	mg/Lt

6.1.5 Kriteria Perencanaan**a. Saluran Pembawa**

Kecepatan = 0,3 - 0,9 m/det

Sudut kemiringan = 0,01 m/m

b. Sumur Pengumpul

td ≤ 10 menit

c. Bar ScreenPembersihan manual (Sumber: Qasim, 1985)

Kecepatan melalui bar (v) = 0,3 - 0,6 m/det

Lebar bar (w) = 4,0-8,0 m

Kedalaman bar (D) = 25-50 mm

Jarak antar batang = 25-75 mm

Slope vertikal = 45° - 60°

Headloss = 150 mm

Headloss max = 800 mm

Pembersihan mekanik (Sumber: Qasim, 1985)

Kecepatan melalui bar (v) = 0,6 - 1,0 m/det

Lebar bar (w) = 8,0 - 10,0 m

Kedalaman bar (D) = 50 - 75 mm

Jarak antar batang = 10 - 50 mm

Slope vertikal = 75° - 85°

Headloss = 150 mm

Headloss max = 800 mm

Faktor bentuk bar (β)

Tipe bar:

Sharp-edged rectangular = 2,42

Rectangular with semicircular upstream face

= 1,83

<i>Rectangular with semicircular upstream and downstream face</i>	= 1,67
<i>Circular</i>	= 1,79
<i>Tear shape</i>	= 0,76

d. **Bak Pengendap I**

(Sumber: Metcalf and Eddy, 2003)

Rectangular

Kedalaman = 3-4,9 m (tipikal : 4,3 m)

Panjang = 15-90 m (tipikal : 24-40 m)

Lebar = 3-24 m (tipikal 4,9-9,8 m)

Flight speed= 0,6-1,2 m/menit (tipikal : 0,9 m/menit)

e. **Unit Parit Oksidasi**

Kecepatan = 0,25-0,3 m/s

Volumetric loading (OL) = 0,1-0,6 kg BOD/m³.jam

Td = 18-48 jam

f. **Bak Pengendap II**

(Sumber: Qasim, 1985)

OFR = 8,0-16,0 m³/m².hari

Solid loading = 0,5-5 kg/m².jam

Kedalaman = 3,5-5 m

Kedalaman zona settling = 1,5 m

6.2 Tahap Perencanaan Teknik Terinci

Tahapan ini merupakan tahap perencanaan dengan tujuan untuk menghitung proses dan unit pengolahan yang diterapkan pada IPAL.

6.2.1 Sumur Pengumpul

- Perencanaan Sumur Pengumpul:

- Berbentuk segiempat

- Waktu detensi (td) < 10 menit untuk menghindari terjadinya pengendapan lumpur

- Qave = 0,054 m³/detik

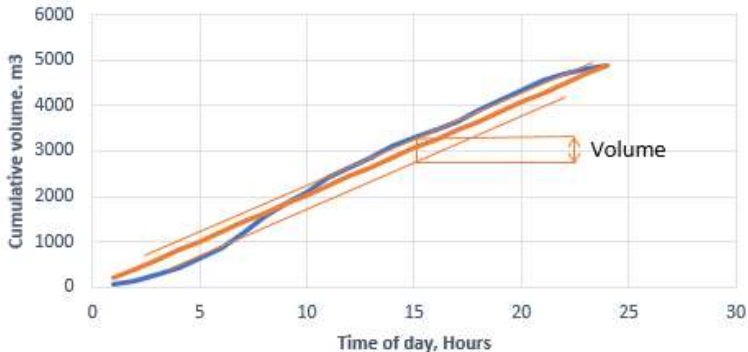
Panjang : Lebar sumur = 1 : 1 m

Kedalaman sumur direncanakan= 2 m

Tabel 6. 18 Fluktuasi Debit Air Limbah

Time period	Influent volume (m³/s)	Cumulative volume per day (m³/jam)	Cumulative average (m³/jam)
24.00-01.00	0,021	75,6	203,7
01.00-02.00	0,022	154,8	407,4
02.00-03.00	0,031	266,4	611,1
03.00-04.00	0,043	421,2	814,8
04.00-05.00	0,062	644,4	1018,5
05.00-06.00	0,063	871,2	1222,2
06.00-07.00	0,092	1202,4	1425,9
07.00-08.00	0,095	1544,4	1629,6
08.00-09.00	0,081	1836	1833,3
09.00-10.00	0,073	2098,8	2037
10.00-11.00	0,085	2404,8	2240,7
11.00-12.00	0,064	2635,2	2444,4
12.00-13.00	0,063	2862	2648,1
13.00-14.00	0,066	3099,6	2851,8
14.00-15.00	0,054	3294	3055,5
15.00-16.00	0,052	3481,2	3259,2
16.00-17.00	0,051	3664,8	3462,9
17.00-18.00	0,064	3895,2	3666,6
18.00-19.00	0,063	4122	3870,3
19.00-20.00	0,062	4345,2	4074
20.00-21.00	0,055	4543,2	4277,7
21.00-22.00	0,043	4698	4481,4
22.00-23.00	0,032	4813,2	4685,1
23.00-24.00	0,021	4888,8	4888,8
Average	0,054		

Tabel diatas menunjukkan debit aliran air limbah yang masuk ke IPAL, setelah itu dibuat *flowrate pattern* untuk mengetahui volume yang dibutuhkan untuk mendesain sumur pengumpul.



Gambar 6. 1 Grafik Fluktuasi Air Limbah

Grafik *flowrate pattern* diatas didapatkan volume dari sumur pengumpul sebesar 300 m³. Setelah mendapatkan volume dari sumur pengumpul dapat dihitung dimensi dari sumur pengumpul tersebut:

Perhitungan:

Asurface sumur pengumpul

$$= \frac{\text{Volume Sumur}}{\text{Kedalaman Sumur}} = \frac{300 \text{ m}^3}{4 \text{ m}} = 75 \text{ m}^2$$

Lebar Sumur = 8,6 m

Panjang Sumur = 8,6 m

Luas area = p x l x jumlah bak
= 8,6 m x 8,6 m x 1 bak
= 75 m²

Hasil dimensi sumur pengumpul:

- Luas Area = 75 m²

- Panjang = 8,6 m

- Lebar = 8,6 m

- Kedalaman air = 4 m

- Pompa Sumur Pengumpul

Air buangan yang dimasukkan ke dalam sumur pengumpul dinaikkan menuju bangunan pengolahan air buangan dengan menggunakan pompa. Jenis pompa yang dapat digunakan adalah pompa yang tidak akan tersumbat oleh partikel terbesar dari air buangan atau oleh kepekatan lumpur.

Direncanakan:

- Jumlah pompa = 2 buah (dioperasikan setiap 12 jam)
- V air pada pipa = 1,5 m/s
- Q pipa = 0,054 m³/detik

Perhitungan:

Pipa discharge

- Luas(A) tiap pipa

$$= \frac{Q}{V} = \frac{0,054 \text{ m}^3/\text{detik}}{1,5 \text{ m/detik}} = 0,036 \text{ m}^2$$

- Diameter pipa

$$= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,054}{\pi}} = 0,26 \text{ m} \approx 300 \text{ mm}$$

- Cek kecepatan aliran

$$= \frac{Q}{A} = \frac{0,054 \text{ m}^3}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,3^2} = 0,76 \text{ m/detik}$$

Pemompaan

Jumlah pompa = 2 buah (dioperasikan bergantian setiap 12 jam)

Q tiap pompa = 0,054 m³/s

Headloss pompa

Head statis = dari muka air sumur
= 3,2 m

Panjang pipa discharge (Ldis) = 4,5 m

Mayor Losses

Hf discharge = $\left[\frac{Q}{0,00155 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$

$$= \left[\frac{54}{0,00155 \cdot 120 \cdot 30^{2,63}} \right]^{1,85} \times 4,5 = 0,09 \text{ m}$$

Minor Losses

$$\text{Head velocity} = \frac{v^2}{2g} = \frac{0,76^2}{2 \times 9,81} = 0,02 \text{ m}$$

$$\text{Hfm belokan (k = 0,25)} = k \frac{v^2}{2g} = 0,0073 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf total} &= \text{Head statis} + \text{Hf mayor} + \text{Hf minor} + \text{Head velocity} \\ &= 3,2 \text{ m} + 0,09 \text{ m} + 0,0073 \text{ m} + 0,02 \text{ m} \\ &= 3,3 \text{ m} \end{aligned}$$

Power Pompa

$$\text{Densitas} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

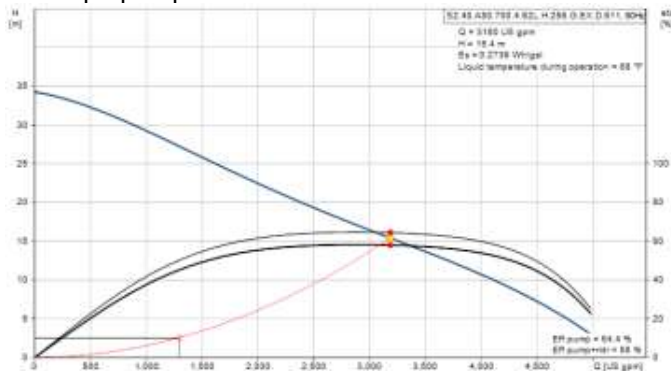
$$\begin{aligned} \text{Power Pompa} &= g \times Q \text{ tiap pompa} \times \text{Hf total} \times \text{densitas} \\ &= 9,81 \times 0,054 \text{ m}^3/\text{s} \times 3,3 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1748 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi pompa} &= 60 \% \\ &= 1748 / 60\% \\ &= 2913 \text{ watt} \end{aligned}$$

Tipe Pompa

$$\begin{aligned} Q \text{ tiap pompa} &= 0,054 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s} \\ &= 194,4 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Hf total} &= 3,3 \text{ m} \end{aligned}$$

Pompa dalam perencanaan ini digunakan pompa dan untuk pemilihan tipe pompa, head dan debit di cari pada situs grundfos diperoleh tipe pompa S2.40.A80.700.4.62L.H.256.G.EX.D.611



Gambar 6. 2 Grafik Hubungan Debit dan Head Pompa

6.2.2 Barscreen

Unit saringan sampah berfungsi untuk mencegah masuknya sampah atau benda berukuran besar (contoh: plastik, kertas, atau daun) kedalam unit pengolahan air limbah domestik, yang dapat mengakibatkan gangguan pengolahan, terutama pada unit pompa.

Perencanaan barscreen :

- Debit $= 0,054 \text{ m}^3/\text{s}$
- Jumlah barscreen $= 1 \text{ unit}$
- Lebar screen $= 15 \text{ m}$
- Pembersihan dilakukan secara mekanik
- Bentuk bar persegi panjang dengan keempat ujungnya melingkar / tumpul
- Slope screen $= 45^\circ$
- Jarak antar batang (b) $= 50 \text{ mm}$
- Kecepatan melalui celah $= 0,6 \text{ m/s}$
- Lebar bar (w) $= 10 \text{ mm}$

Perhitungan:

Jumlah bar (n) :

$$\begin{aligned}\text{Lebar (B)} &= (n \times w) + ((n + 1) \times b) \\ 15 \text{ m} &= (n \times 0,01) + ((n + 1) \times 0,05 \text{ m}) \\ 15 \text{ m} &= 0,01 n + 0,05 n + 0,05\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah bar (n)} = 249 \text{ bar}$$

Jumlah bukaan antar bar (s) :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah bukaan antar bar (s)} &= n + 1 \\ &= 249 + 1 = 250 \text{ bukaan}\end{aligned}$$

Lebar bukaan antar bar total (Lt) :

$$\begin{aligned}\text{Lebar bukaan antar bar total (Lt)} &= b \times (n + 1) \\ &= 0,05 \times 250 = 12,5 \text{ m}\end{aligned}$$

Panjang kisi yang terendam air (Ls) :

$$\text{Ls} = 4 \text{ m}$$

Koefisien efisiensi (n)

$$= \frac{L_t}{B} \times 100\% = \frac{12,5}{15} \times 100\% = 83 \%$$

Headloss normal (saat bersih) :

$$hL \text{ normal} = \beta \times \left[\frac{w \times n}{b(n+1)} \right]^4 \times \left[\frac{v_s^2}{2g} \right] \times \sin \alpha$$

$$= 2,42 \times \left[\frac{0,01 \times 249}{0,05 (249+1)} \right]^{\frac{4}{3}} \times \left[\frac{0,60^2}{2,9,81} \right] \times \sin 45 = 0,0036 \text{ m}$$

Headloss saat clogging :

Clogging berarti 50 % bar screen tersumbat

$$\begin{aligned} \text{Lebar bukaan antar bar total (Lt)} &= 50\% \times 0,45 \\ &= 0,225 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran melalui kisi (vs)} &= 50\% \times 0,60 \\ &= 0,30 \text{ m/s} \end{aligned}$$

6.2.3 Bak Pengendap I

Dimensi Bak

Direncanakan :

Bak berbentuk *rectangular*, direncanakan 2 bak dengan desain masing-masing bak Qmax agar pada periode pengurasan 1 bak tetap dapat menampung debit secara utuh.

$$\begin{aligned} Q &= 0,054 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Jumlah unit} &= 2 \text{ unit} \\ \% \text{removal BOD} &= 35\% \\ \text{Dimensi panjang : lebar} &= 3 : 1 \\ \text{Temperatur air} &= 23^\circ\text{C} \\ \mu &= 0,9403 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

Dimensi Bak Pengendap I

$$td = \frac{\%R \times a}{(1 - (b \times \%R))} = \frac{35 \times 0,018}{(1 - (0,02 \times 35))} = 1,9 \text{ jam} \approx 2 \text{ jam}$$

$$\% \text{ removal TSS} = \frac{td}{a + b \times td} = \frac{2}{(0,0075 + (0,014 \times 2))} = 67\%$$

$$Q \text{ bak} = 0,054 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak (V)} &= Q_{\text{ave}} \times td \\ &= 0,054 \text{ m}^3/\text{s} \times 7200 \text{ detik} = 388,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan (As)} &= \frac{Q}{OFR} \times 86400 = \frac{0,054 \text{ m}^3/\text{s}}{40} \times 86400 \\ &= 116,64 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perbandingan panjang dan lebar adalah P = 3L

$$\text{Lebar bak (L)} = As/P = 6,2 \text{ m} \approx 6,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bak (P)} = 3 \times L = 3 \times 6,5 \text{ m} = 19,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi bak (H)} &= \frac{Q \times t_d}{A_s} = \frac{0,054 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 7200 \text{ s}}{116,64 \text{ m}^2} = 3,3 \text{ m} \\
 \text{Freeboard} &= 0,5 \text{ m} \\
 \text{Kecepatan Horizontal (Vh)} &= Q/A_c \\
 &= 0,054 \text{ m}^3/\text{s} / 6,5 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \\
 &= 0,002 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Kecepatan scoring (V_{sc}) : ($k = 0,04$; $f = 0,02$)

$$V_s = \frac{Q}{A_{surface}} = \frac{0,054 \text{ m}^3/\text{s}}{116,64 \text{ m}^2} = 0,00046 \text{ m/s}$$

d partikel

$$\begin{aligned}
 &= [(18 \times V_s \times U) / (g (S_g - 1))]^{1/2} \\
 &= [(18 \times 0,00046 \times 0,9403 \cdot 10^{-6}) / (9,81 (1,02 - 1))]^{1/2} \\
 &= 0,0002 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{sc} &= [(8k (S_g - 1) \times d \times g) / f]^{1/2} \\
 &= [(8 \cdot 0,04 (1,02 - 1) \times 0,0002 \times 9,81) / 0,02]^{1/2} \\
 &= 0,025 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$V_h < V_{sc}$ (memenuhi) tidak terjadi penggerusan

Kontrol N_{re} dan N_{fr} :

$$\begin{aligned}
 \text{Jari – jari hidrolis (R)} &= (h \times b) / (2h + b) \\
 &= (3,3 \times 6,5) / (2 \cdot 3,3 + 6,5) \text{ m} \\
 &= 1,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{re} &= (V_h \times R) / U \\
 &= (0,002 \times 1,6) / 0,9403 \cdot 10^{-6} \\
 &= 3403 > 2000 \text{ (tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_f &= V_h^2 / (g \times R) \\
 &= (0,002)^2 / (9,81 \times 1,6) \\
 &= 0,000000254 < 10^{-5} \text{ (tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas N_{Fr} lebih kecil dari 10^{-5} dan N_{re} lebih besar dari 2000, maka perlu dipasang *perforated baffle* di zona inlet untuk mencegah aliran pendek dan agar alirannya menjadi lebih laminar sehingga partikel mempunyai kesempatan mengendap yang lebih lama.

Zona Inlet

Saluran Pembawa

$$\begin{aligned}Q \text{ saluran} &= 0,054 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Jumlah saluran pembawa} &= 1 \text{ buah} \\ V \text{ asumsi} &= 0,6 \text{ m/s} \\ \text{Lebar : kedalaman} &= 2 : 1 \\ \text{Slope} &= 0,0001 \\ \text{Panjang (L)} &= 5 \text{ m} \\ \text{Koefisien gesek (n)} &= 0,015 \\ \text{Kedalaman (h)} &= [(1,5874 \times Q \text{ tiap saluran} \times n) / (2 \times \text{slope})^{1/2}]^{3/8} \\ &= [(1,5874 \times 0,054 \times 0,015) / (2 \times 0,0001)^{1/2}]^{3/8} \\ &= 0,4 \text{ m} \\ \text{Lebar (w)} &= h = 0,4 \text{ m} \\ \text{Freeboard} &= 0,3 \text{ m} \\ \text{Head loss (hf)} &= [(V \times n) \times ((w + 2h)^{2/3}) \times L^{1/2}]^2 \\ &= [(0,6 \times 0,015) \times (0,4 + 2 \times 0,4)^{2/3}) \times 5^{1/2}]^2 \\ &= 0,0005 \text{ m} \\ \text{Head kecepatan (hv)} &= \frac{v^2}{2 \cdot g} \\ &= (0,6^2 / 2 \cdot 9,81) \\ &= 0,018 \text{ m} \\ \text{Head loss total} &= hf + hv \\ &= 0,0005 \text{ m} + 0,018 \text{ m} \\ &= 0,0185 \text{ m}\end{aligned}$$

Pintu Air

Direncanakan :

Lebar pintu rencana (B) = lebar saluran pembawa
= 0,5 m

Q pintu air = Q tiap bak = 0,054 m³/detik

Perhitungan :

Tinggi pintu air (H):

$$H = \left(\frac{Q \times \frac{3}{2}}{\sqrt{2g} \times Cd \times B} \right)^2 = \left(\frac{0,054 \times \frac{3}{2}}{\sqrt{2 \times 9,81} \times 0,6 \times 0,5} \right)^{2/3} = 0,15 \text{ m}$$

Headloss di pintu air

$$h_f = \left(\frac{Q}{\mu \times B \times H} \right)^2 \times \frac{1}{2g} = \left(\frac{0,054}{0,8 \times 0,5 \times 0,5} \right)^2 \times \frac{1}{2 \times 9,81} = 0,0037 \text{ m}$$

Perforated Baffle

Direncanakan :

Diameter lubang	= 10 cm	
	= 0,1 m	
Lebar <i>baffle</i> (b)	= lebar bak	= 6,5 m
Tinggi <i>baffle</i> (h)	= Tinggi bak	= 3,3 m
Kecepatan melalui lubang (v)		= 0,5 m/s
Perforated <i>baffle</i> diletakkan 1 m di depan inlet		
Tebal <i>baffle</i>		= 0,2 m

Perhitungan :

$$\text{Luas tiap lubang (A)} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,10^2 = 0,0078 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas baffle yang terendam air} &= b \times h \\ &= 6,5 \times 3,3 \\ &= 21,45 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas total lubang (A total)} &= 60\% \times A_{\text{baffle}} \\ &= 60\% \times 21,45 \text{ m}^2 \\ &= 12,87 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lubang (n)} &= A_{\text{total}} / \text{Luas tiap lubang} \\ &= 12,87 \text{ m}^2 / 0,0078 \text{ m}^2 \\ &= 1650 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{lubang}} = \frac{Q_{\text{bak}}}{n} = \frac{0,054}{1650} = 0,000032 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Susunan antar lubang} = P : H = 3 : 1$$

Jumlah lubang horizontal

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lubang} &= 3x. x \\ 1650 &= 3x^2 \\ x &= 24 \\ 3x &= 3 \times 24 = 72 \end{aligned}$$

Susunan lubang

$$\text{Horizontal} = 72 \text{ buah}$$

$$\text{Vertikal} = 24 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak horisontal antar lubang (sh)} &= [(\text{lebar baffle} - (\text{jumlah lubang} \times d)) / (\text{jumlah lubang} + 1)] \\ &= [(8 - (72 \times 0,1)) / (72 + 1)] \\ &= 0,01 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak vertikal antar lubang} &= [(\text{tinggi baffle} - (\text{jumlah lubang} \times d)) / (\text{jumlah lubang} + 1)] \\ &= [(3,3 - (24 \times 0,1)) / (24 + 1)] \\ &= 0,03 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek nilai } N_{re} \text{ pada tiap lubang} & \\ (V_h \times R) / U &= (Q/A) \cdot (A / \pi D) / U \\ N_{re} &= (Q / \pi D) / U \\ &= (0,000032 / 3,14 \times 0,10) / 0,9403 \cdot 10^{-6} \\ &= 108 < 2000 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{fr} &= (Q/A)^2 / (g \times (A / \pi D)) \\ &= (0,000032 / 0,0078)^2 / (9,81 \times 0,0078 / (3,14 \times 0,1)) \\ &= 0,00006 > 10^{-5} \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

Zona Lumpur

Direncanakan :

Ruang lumpur berbentuk limas terpancung dengan periode pengurasan 2 hari sekali

$$\begin{aligned}\text{Slope zona pengendapan} &= 0,5 \% \\ \text{Removal TSS} &= 67 \% \\ \text{TSS air limbah} &= 240,8 \text{ mg/L} \\ \text{Konsentrasi diskrit} &= 90 \% \times \text{Konsentrasi SS} \\ \text{Kadar air dalam lumpur} &= 99 \% \\ \text{Kadar SS kering dalam lumpur} &= 1 \% \\ \text{Berat jenis SS} &= 2650 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat jenis air} &= 995 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi diskrit} &= 90 \% \times \text{Konsentrasi SS} \\ &= 90 \% \times 240,8 \text{ mg/L} \\ &= 216,7 \text{ mg/L} \\ \text{Sludge terendapkan} &= 67 \% \times \text{Konsentrasi diskrit} \\ &= 67 \% \times 216,7 \text{ mg/L} \\ &= 145,1 \text{ mg/L} \\ \text{Sludge lolos} &= 240,8 \text{ mg/L} - 145,1 \text{ mg/L} \\ &= 95,6 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

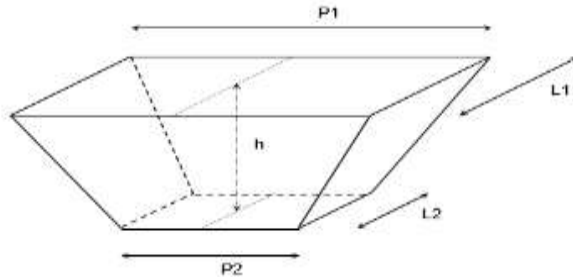
$$\begin{aligned}\text{Berat lumpur terendapkan} &= 216,7 \text{ mg/L} \times Q \\ &= 216,7 \text{ mg/L} \times 0,054 \text{ m}^3/\text{s} \times 86400/1000 \\ &= 1011 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis lumpur} &= [\text{berat jenis SS} \times 1\%] + [\text{berat jenis air} \times 99\%] \\ &= [2650 \times 1\%] + [995 \times 99\%] \\ &= 1011,5 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat air} &= (99 \% / 1 \%) \times \text{berat lumpur terendapkan} \\ &= (99 \% / 1 \%) \times 1011,5 \text{ kg/hari} \\ &= 100138,5 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume ruang lumpur} &= (\text{berat lumpur} + \text{berat air})/\text{berat jenis lumpur} \\ &= (1011 \text{ kg/hari} + 100138,5 \text{ kg/hari}) / 1011,5 \text{ kg/m}^3 \\ &= 99 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bak lumpur} &= 99 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1 \text{ hari} = 99 \text{ m}^3\end{aligned}$$



Gambar 6. 3 Sketsa Penampang Ruang Lumpur

$$\text{Panjang perm zona lumpur (P1)} = 6,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar perm zona lumpur (L1)} = \text{lebar bak} = 6,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang dasar zona lumpur (P2)} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar dasar ruang lumpur (L2)} = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas perm (A1)} &= P1 \times L1 \\ &= 6,5 \text{ m} \times 6,5 \text{ m} = 42,25 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas perm (A2)} &= P2 \times L2 \\ &= 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 16 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume ruang lumpur} &= \frac{1}{3} \times h \times (A1 + A2 + \sqrt{A1 \times A2}) \\ 84,6 \text{ m}^3 &= \frac{1}{3} \times h \times (42,25 + 16 + (42,25 \times 16)^{1/2})\end{aligned}$$

Kedalaman ruang lumpur(h) = 3 m

Pengurasan

Pengurasan dilakukan tiap 1 hari dengan volume lumpur sebesar 99 m³. Lama waktu pengurasan direncanakan 20 menit dan kecepatan pengurasan direncanakan 1,5 m/s

$$Q \text{ pompa} = \frac{\text{Volume lumpur 2 hari}}{\text{waktu pengurasan}} = \frac{99 \text{ m}^3}{1200 \text{ s}} = 0,0825 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V \text{ asumsi pipa} = 1 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas (A) pipa} &= Q \text{ lumpur} / v \text{ pipa} \\ &= 0,0825 \text{ m}^3 / \text{s} / 1,5 \text{ m/s} \\ &= 0,055 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa penguras} &= [(4 \times A) / 3,14]^{1/2} \\ &= [(4 \times 0,055 \text{ m}^2) / 3,14]^{1/2} \\ &= 0,26 \text{ m} \\ &= 299,6 \text{ mm} = 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ cek} &= Q/A \\ &= 0,055 \text{ m}^3 / \text{s} / (1/4 \pi D^2) \\ &= 0,055 \text{ m}^3 / \text{s} / (1/4 \pi 0,3^2) \\ &= 0,77 \text{ m/s (memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head pompa} &= \text{tinggi pipa penguras} + \text{angka keamanan} \\ &= 6,7 \text{ m} + 2 \text{ m} = 8,7 \text{ m} \end{aligned}$$

Daya pompa (efisiensi 60%) :

$$P = \frac{\rho \times H \times Q}{\text{efisiensi}} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 8,7 \text{ m} \times 0,055 \text{ m}^3 / \text{detik}}{60} = 7,9 \text{ kW}$$

Zona Outlet

Weir dan gutter

Direncanakan :

Zona outlet bak prasedimentasi ini berupa weir dengan perencanaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Weir Loading Rate (WLR)} &= 186 \text{ m}^3/\text{m.hari} \\ &= 0,00215 \text{ m}^3/\text{m.s} \end{aligned}$$

$$Q = 0,081 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Jumlah gutter} = 6 \text{ buah}$$

Perhitungan :

$$\text{Panjang total weir (L}_{\text{total}}) = Q / \text{WLR}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,054 \text{ m}^3/\text{s} / 0,00215 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{s} \\
&= 25,11 \text{ m} \\
\text{Lebar bak (w)} &= 6,5 \text{ m} \\
\text{Tebal gutter (t)} &= 0,1 \text{ m} \\
\text{Jarak antar weir (b)} &= 0,5 \text{ m} \\
\text{Lebar gutter (s) (w = lebar bak ; a = lebar gutter ; t = tebal weir)} \\
w &= (n \times a) + (n - 1) b + [(n \times 2) - 2] \times t \\
6,5 &= (6 \times a) + (6 - 1) 0,5 + [(6 \times 2) - 2] \times 0,1 \\
3,5 &= 6a \\
a &= 0,58 \text{ m} \\
\text{Panjang tiap weir (c)} \\
L &= (2 \times n) a + (2n-2) c \\
25,11 &= (2 \times 6) 0,58 + (2 \times 6 - 2) c \\
c &= 1,8 \text{ m} \\
\text{Tinggi air di atas weir (h) ; Cd = 0,6} \\
Q &= \left(\frac{2}{3} \times \text{Cd} \times L \times \sqrt{2 \times 9,81} \right) \times h^{3/2} \\
0,054 \text{ m}^3/\text{s} &= [2/3 \times 0,6 \times 3 \times (2 \times 9,81)^{1/2}] \times h^{3/2} \\
\text{Tinggi air di atas weir (h)} &= 0,04 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dimensi saluran gutter

$$\begin{aligned}
v &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times s^{1/2} \\
0,6 \text{ m/s} &= 1/0,015 \times R^{2/3} \times 0,001^{1/2} \\
R &= 0,28 \text{ m} \\
\text{jari – jari hidrolis (R)} &= (h \times a)/(2h + a) \\
0,28 \text{ m} &= (h \times 0,58)/(2 \cdot h + 0,58) \\
h &= 0,3 \text{ m}
\end{aligned}$$

6.2.4 Unit Parit Oksidasi

Unit Parit Oksidasi merupakan parit berbentuk oval dilengkapi dengan mammoth rotor untuk aerasi jangka panjang. Proses yang terjadi di dalam Unit Parit Oksidasi merupakan proses kontinyu, dimana pertumbuhan biologis yang terfluktuasi akan dicampurkan dengan air buangan dan kemudian di aerasi secara terus menerus, selanjutnya diikuti pengendapan untuk memisahkan biomassa dari air buangan yang telah terolah. Pada unit parit oksidasi dilakukan resirkulasi lumpur untuk menjaga kestabilan F/M Rasio sehingga pengolahan air limbah dapat

mencapai tingkat yang optimum. Bangunan Unit Parit Oksidasi selalu diikuti dengan Bak Pengendap II (*Clarifier*) dan saling berkaitan satu sama lain dalam desain maupun perhitungan.

Direncanakan

Jumlah parit oksidasi	= 2 bak
Debit rencana (Qave)	= 0,054 m ³ /detik
Debit masing-masing bak	= Debit rencana / Jumlah bak
	= 0,054 m ³ /detik / 2
	= 0,027 m ³ /detik
	= 2332,8 m ³ /hari
Umur lumpur (Øc)	= 20 hari
Rasio F/M	= 0,1 kg BOD ₅ /kg MLVSS.hari
<i>Aerator Loading</i>	= 0,1 kg/m ³ .hari
MLSS direncanakan	= 4000 mg/L
Periode Aerasi (td)	= 20 jam
Rasio Resirkulasi (Qr/Q)	= 0,6
Volumetrik Loading	= 0,3 kg BOD ₅ /m ³ .hari
Kedalaman bak	= 2 m
Freeboard	= 0,3 m
BOD _{inf} (effluen dari BP 1)	= 123,6 mg/L
Konsentrasi N	= 35,8 mg/L
Konsentrasi TSS (eff BP 1)	= 97,2 mg/L
BOD effluen yang diharapkan	= 20 mg/L
Rasio MLVSS/MLSS	= 0,8

Perhitungan Lumpur

1. Efisiensi proses :

Efisiensi removal BOD₅

$$\begin{aligned}
 &= [(BOD_{5inf} - BOD_5 \text{ eff}) / BOD_{5inf}] \times 100 \% \\
 &= [(123,6 - 20) / 123,6] \times 100 \% \\
 &= 83\%
 \end{aligned}$$

2. Nilai tipikal koefisien kinetik untuk proses *activated sludge* :

$$\begin{aligned}
 Y &= 0,6 \text{ kg VSS/kg BOD}_5 \\
 k_d &= 0,05 \text{ per hari} \\
 \text{Rasio MLVSS/MLSS} &= 0,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MLSS} &= 4000 \text{ mg/L} \\
 \text{MLVSS (X)} &= 0,8 \times \text{MLSS} \\
 &= 0,8 \times 4000 \text{ mg/L} \\
 &= 3200 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Yobs} &= Y / (1 + (kd \times \emptyset c)) \\
 &= 0,6 / (1 + (0,05/\text{hari} \times 20 \text{ hari})) \\
 &= 0,3
 \end{aligned}$$

4. Produksi lumpur BOD

$$\begin{aligned}
 \text{Px bio} &= \text{Yobs} \times \text{Qbak} \times (\text{So}-\text{S}) \\
 &= 0,3 \times 2332,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times (123,6-20) \text{ mg/L} \times 10^3 \text{ L/m}^3 \times 1 \text{ kg}/10^6 \text{ mg} \\
 &= 72,5 \text{ kg VSS/hari}
 \end{aligned}$$

5. Nitrifikasi

$$\begin{aligned}
 [\text{Ninput}] &= Q \times [\text{NH}_3 \text{ inf}] \\
 &= 2332,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 35,8 \text{ mg/l} \times 10^3 \text{ L/m}^3 \times 1 \text{ kg}/10^6 \text{ mg} \\
 &= 83,5 \text{ kg/ hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N sintesa sel} &= \% \text{sel} \times \text{Px bio} \\
 &= 12\% \times 72,5 \text{ kg/hari} \\
 &= 8,7 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sisa N} &= \text{Ninput} - \text{Nsintesa sel} \\
 &= 83,5 \text{ kg/hari} - 8,7 \text{ kg/hari} \\
 &= 74,8 \text{ kg/hari (terjadi nitrifikasi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{NOx}] &= [\text{NH}_3 \text{ inf}] - [\text{NH}_3 \text{ eff}] - [(\% \text{sel} \times \text{Px}) / Q] \\
 &= 0,03 \text{ kg/m}^3 - 0,01 \text{ kg/m}^3 - [(12\% \times 36,25 \text{ kg/hari}) / 2332,8 \text{ kg/hari}] \\
 &= 0,018 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Px Nitrifikasi} &= [Q \times \text{Yn} \times (\text{NOx}) / (1 + (\text{Kdn} \times \emptyset c))] \\
 &= [2332,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,15 \times (0,016 \text{ kg/m}^3) / (1 + (0,032 \times 20))] \\
 &= 3,41 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Px VSS} &= \text{Px bio} + \text{Px Nitrifikasi} \\
 &= 72,5 \text{ kg/hari} + 3,41 \text{ kg/hari} \\
 &= 75,91 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Px TSS} &= \text{Px VSS} / 0,8 \\
 &= 75,91 \text{ kg/hari} / 0,8 \\
 &= 94,8 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

6. Volume reaktor (V)
 $= P \times TSS \times \emptyset_c / MLSS$
 $= 94,8 \text{ kg/hari} \times 20 \text{ hari} / 4 \text{ kg/m}^3$
 $= 474,4 \text{ m}^3$
7. Perhitungan mass balance :
 $XMLSS (1 + R) = X_w \times R + (X_e \times (1 - R))$
 $4000 (1 + R) = 10000 \times R + (0 \times (1 - R))$
 $4000 + 4000R = 10000R$
 $R = 0,6$

$$Q_r = Q_{\text{desain}} \times R$$

$$= 0,027 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,6$$

$$= 0,0162 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 1399,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_w = P \times b_{\text{bio}} / X_w = 72,5 \text{ kg/hari} / 10 \text{ kg/m}^3$$

$$7,25 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kebutuhan Oksigen

1. Kebutuhan Oksigen Teoritis O_2 kg/hari

$$= [(Q \times (S_o - S_e)) - (1,42 \times P_x) + (4,57 \times NO_x \times Q)]$$

$$= [(2332,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((123,6 - 20) \text{ mg/L}) - (1,42 \times 72,5) + (4,57 \times 0,018 \text{ kg/m}^3 \times 2332,8 \text{ m}^3/\text{hari})]$$

$$= 330,6 \text{ kg/hari} = 13,7 \text{ kg/jam}$$

Tabel 6. 19 Spesifikasi Rotor

Model	Diameter (m)	L maksimum	Kapasitas (kgO ₂ /m.jam)
1	0,7	3	10
2	0,7	4,5	14
3	0,7	6	20
4	1	3	27
5	1	4,5	40
6	1	6	54

Pemilihan rotor dari Tabel 6.19 didapatkan spesifikasi rotor model 1 dengan kapasitas transfer oksigen 10 kgO₂/m.jam.

2. Standard Oxygen Requirement (SOR)

Dari data diketahui :

N = Kapasitas rotor

$$= 10 \text{ kgO}_2/\text{m.jam}$$

C'sw = konsentrasi O₂ pada suhu dan tekanan standar

$$= 8,68 \text{ (23 } ^\circ\text{C, 760 mmHg)}$$

Csw = konsentrasi O₂ yang digunakan dalam tes

$$= 9,17 \text{ (20 } ^\circ\text{C, 760 mmHg)}$$

C = level DO saat operasi

$$= 2 \text{ mg/L}$$

β = rasio saturasi limbah terhadap saturasi air

$$= 0,95$$

α = rasio transfer O₂

$$= 0,9$$

Fa = faktor koreksi kelarutan O₂

$$= 1 - (\text{ketinggian (m)} / 9450)$$

$$= 1 - (10 / 9450)$$

$$= 1$$

Temperatur diasumsikan (T) = 23°C

Maka :

$$\begin{aligned}\text{SOR} &= N \times [(C'sw \times \beta \times Fa - C) / Csw] (1,024)^{T-20} \alpha \\ &= 10 \times [(8,68 \times 0,95 \times 1 - 2) / 9,17] (1,024)^{23-20} \times 0,9 \\ &= 6,58 \text{ kgO}_2/\text{m.jam}\end{aligned}$$

Dimensi Parit Oksidasi

Laerator = Kebutuhan O₂ / SOR rotor

$$= 13,7 \text{ kgO}_2/\text{m.jam} / 6,58 \text{ kgO}_2/\text{m.jam}$$

$$= 2,08$$

$$N \text{ rotor} = \text{Laeator} / L \text{ maks} = 2,08 / 3 = 1$$

Lebar OD = 3 m + shaft x 2

$$= 3 \text{ m} + (0,5 \times 2)$$

$$= 4 \text{ m}$$

H rencana = 2 m

Jika rasio panjang atas : panjang bawah = 2 : 1

Maka lebar bawah = 0,5 x 4 = 2 m

Ac = (Jumlah sisi sejajar / 2) x H

$$= (4+2) / 2 \times 2 = 8 \text{ m}^2$$

$$L \text{ OD} = \text{Volume} / A_c = 474,4 \text{ m}^3 / 8 \text{ m}^2 = 59,3 \text{ m}$$

$$D = 4 + 4 + 1 = 9 \text{ m}$$

$$R = 4,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang busur AOB} &= (\text{AOB}/360) \times (2\pi R) \\ &= 180/360 \times 2 \times 3,14 \times 4,5 / 2 \\ &= 7,065 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang lurus} &= L \text{ OD} - (2 \times \text{panjang busur AOB}) \\ &= 59,3 \text{ m} - (2 \times 7,065) \\ &= 45,17 \text{ m} \end{aligned}$$

Zona Inlet

Direncanakan:

Jumlah pipa 1 buah

$$Q \text{ pipa} = Q_{\text{bak}} = 0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Panjang pipa} = 20 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan (v) pipa} = 1 \text{ m/dt}$$

Perhitungan:

Diameter pipa

$$\begin{aligned} A &= Q / v \\ &= 0,02 \text{ m}^3/\text{detik} : 1 \text{ m/dt} = 0,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$D = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{1/2} = \left(\frac{4 \times 0,02}{3,14} \right)^{1/2} = 0,15 \text{ m}$$

Headloss (Hf)

$$\begin{aligned} H_f &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{0,02}{0,00155 \times 120 \times 15^{2,63}} \right)^{1,85} \times 20 \\ &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Zona Outlet

Direncanakan:

Jumlah pipa 1 buah

$$Q \text{ pipa} = Q_{\text{bak}} = 0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Panjang pipa} = 20 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan (v) pipa} = 1 \text{ m/detik}$$

Perhitungan:

Diameter pipa

$$A = Q / v$$

$$= 0,02 \text{ m}^3/\text{detik} : 1 \text{ m/dt} = 0,02 \text{ m}^2$$

$$D = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{1/2} = \left(\frac{4 \times 0,02}{3,14} \right)^{1/2} = 0,15 \text{ m}$$

Headloss (Hf)

$$\begin{aligned} Hf &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{20}{0,00155 \times 120 \times 15^{2,63}} \right)^{1,85} \times 20 \\ &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

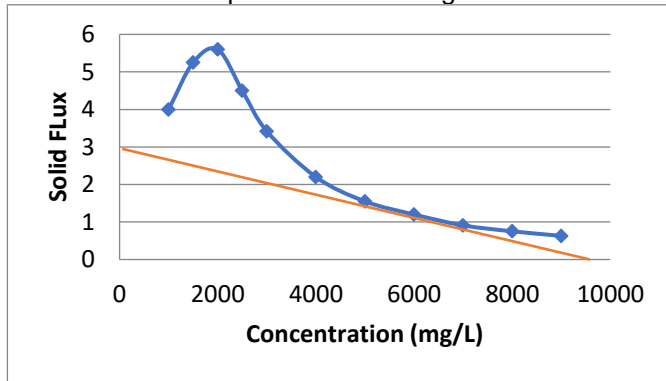
6.2.5 Bak Pengendap II

Bak Pengendap II ini adalah untuk mengendapkan flok – flok atau lumpur yang dihasilkan oleh efluen Unit Parit Oksidasi. Hasil endapan ini akan dibuang sebagai ataupun dikembalikan sebagai *return sludge*. Bak pengendap II ini direncanakan berbentuk *circular* sebanyak 2 buah.

Direncanakan:

- Direncanakan 2 buah *secondary clarifier* berbentuk lingkaran
- Qave = 4665,6 m³/hari
- X_{MLSS} di OD = 4000 mg/L = 4 kg/m³
- Q_R = 1399,6 m³/hari
- Sludge Waste (Q_w) = 7,25 m³/hari
- Volume OD / bak = 474,4 m³
- X_r = 10000 mg/l = 10 kg/m³

Nilai *solid flux* dapat dilihat melalui grafik berikut:



Gambar 6. 4 Hubungan Solid Flux dengan MLSS

Dengan nilai $X_r = 10000 \text{ mg/L}$ dan ditarik menyinggung grafik, didapatkan nilai $SF = 3 \text{ kg/m}^2.\text{jam}$

Pipa Inlet

Direncanakan:

Kecepatan pipa (v) = $0,5 \text{ m/detik}$
 Qtiap bak = $0,054 \text{ m}^3/\text{detik} / 2$
 = $0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$
 L pipa = 10 m

Perhitungan:

A pipa = Q / v
 = $0,02 \text{ m}^3/\text{detik} : 0,5 \text{ m/dt} = 0,04 \text{ m}^2$

Diameter pipa =

$$D = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{1/2} = \left(\frac{4 \times 0,04}{3,14} \right)^{1/2} = 0,22 \text{ m}$$

Hf pipa inlet =

$$\begin{aligned} Hf &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{20}{0,00155 \times 120 \times 30^{2,63}} \right)^{1,85} \times 10 \\ &= 0,003 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimensi Bak Pengendap II

$$\begin{aligned}Q_{\text{design}} &= Q_{\text{ave}} = 4665,6 \text{ m}^3/\text{hari} \\Q_{\text{tiap bak}} &= 4665,6 \text{ m}^3/\text{hari} / 2 \\&= 2332,8 \text{ m}^3/\text{hari} = 97,2 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Luas Permukaan SC (As) =

$$\frac{Q \times MLSS}{SF} = \frac{\frac{97,2 \text{ m}^3}{\text{jam}} \times 4 \text{ kg/m}^3}{3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot \text{jam}} = 129,6 \text{ m}^2$$

Diameter (d) =

$$D = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{1/2} = \left(\frac{4 \times 129,6}{3,14} \right)^{1/2} = 12,8 \text{ m}$$

Cek Over flow rate

$$\begin{aligned}\text{Overflow rate} &= \\ \frac{Q}{A} &= \frac{2332,8 \text{ m}^3/\text{hari}}{129,6 \text{ m}^2} = 18 \text{ m}^2 \\ &(\text{memenuhi } 15 - 40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari})\end{aligned}$$

Kontrol Solid Loading

$$\begin{aligned}\text{Solid Loading} &= \\ \frac{Q}{A} &= \frac{97,2 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 4 \text{ kg/m}^3}{129,6 \text{ m}^2} = 3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot \text{jam} \\ &(\text{memenuhi } (3-6))\end{aligned}$$

Kedalaman Secondary Clarifier

Zona Thickening

$$\begin{aligned}\text{Total massa solid dari OD/ (Tms)} &= X_{\text{MVLSS}} \times \text{Volume OD} \times 2 \text{ bak} \\ &= 3,2 \text{ kg/m}^3 \times 474,4 \text{ m}^3 \times 2 \text{ bak} \\ &= 3036,16 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total massa solid di SC (Tmsc)} &= (1 - P) \times T_{\text{ms}} \\ &= (1 - 0,6) \times 3036,16 \text{ kg} \\ &= 1214,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total massa solid di tiap SC (Tmsc')} &= T_{\text{msc}} / \text{jumlah bak} \\ &= 1214,4 \text{ kg} / 2 \\ &= 607,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kedalaman Zona Thickening

$$\frac{T_{msc'}}{X_R \times A} = \frac{607,2 \text{ kg}}{10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 129,6 \text{ m}^2} = 0,46 \text{ m}$$

Sludge Storage Zone

Y = 0,6 gr VSS/gr BOD

Kd = 0,05 gr VSS/gr VSS.day

Yobs =

$$\frac{Y}{1 + K_d \cdot SRT} = \frac{0,6}{1 + 0,05 \times 20} = 0,3$$

So = 123,6 mg/l

S = 20 mg/l

Total volatile solid (TVS) = Q x { Yobs. (So-S) }

$$= 4665,6 \text{ m}^3/\text{hari} \times \{ 0,3. (123,6 \text{ mg/l} - 20 \text{ mg/l}) \times 10^{-3} \}$$

$$= 145 \text{ kg/hari}$$

Total massa lumpur (TSS) = Total volatile solid (TVS) / 0,8

$$= 145 \text{ kg/hari} / 0,8$$

$$= 181,25 \text{ kg/hari} \times 1 \text{ hari}$$

$$= 181,25 \text{ kg}$$

Total massa lumpur (TSS) tiap bak

$$= \text{Total massa lumpur (TSS)} / 2$$

$$= 181,25 \text{ kg} / 2$$

$$= 90,6 \text{ kg}$$

Total lumpur di SC = Tmsc' + Total massa lumpur (TSS)

$$= 607,2 \text{ kg} + 90,6 \text{ kg} = 697,8 \text{ kg}$$

Volume lumpur

Berat jenis lumpur → Kadar solid : Kadar air = 2 % : 98 %

Berat jenis lumpur = [berat jenis SS x 2%] + [berat jenis air x 98%]

$$= [2650 \times 2\%] + [995 \times 98\%]$$

$$= 1028 \text{ kg/m}^3$$

Berat air = (98% / 2%) x berat lumpur terendapkan

$$= (98\% / 2\%) \times 697,8 \text{ kg/hari}$$

$$= 34192,2 \text{ kg/hari}$$

Volume ruang lumpur

$$= (\text{berat solid} + \text{berat air}) / \text{berat jenis lumpur}$$

$$= (697,8 \text{ kg/hari} + 34192,2 \text{ kg/hari}) / 1028 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ hari}$$

$$= 33,93 \text{ m}^3$$

Volume ruang lumpur

$$\begin{aligned} \text{Diameter atas} &= \text{Diameter awal} / 2 \\ &= 12,8 \text{ m} / 2 = 6,4 \text{ m} \\ \text{Luas Atas} &= 6,4^2 \times 3,14 \times 0,25 = 32,1 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter bawah} &= \text{Diameter atas} / 2 \\ &= 6,4 \text{ m} / 2 = 3,2 \text{ m}^2 \\ \text{Luas Bawah} &= 3,2^2 \times 3,14 \times 0,25 = 8 \text{ m}^2 \\ \text{Volume zona lumpur} &= (h / 3) \times [A1 + A2 + (A1A2)^{1/2}] \\ 33,93 &= (h / 3) \times [32,1 \text{ m}^2 + 8 \text{ m}^2 + (32,1 \text{ m}^2 \times 8 \text{ m}^2)^{1/2}] \\ &h = 0,34 \text{ m} \end{aligned}$$

Kedalaman zona *settling* dimana clear water zone direncanakan 2 m sehingga kedalaman total secondary clarifier adalah:

$$\begin{aligned} &= 2 \text{ m} + 0,46 \text{ m} + 0,34 \text{ m} \\ &= 2,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Direncanakan *freeboard* 0,3 m sehingga kedalaman total menjadi

$$\begin{aligned} &= 2,8 \text{ m} + 0,3 \text{ m} \\ &= 3,1 \text{ m} \end{aligned}$$

Kontrol waktu detensi

$$\begin{aligned} \text{Volume tiap bak} &= A_s \times h \\ &= 129,6 \text{ m}^2 \times 2,8 \text{ m} \\ &= 362,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Td tiap bak} =$$

$$\frac{V}{Q} = \frac{362,8 \text{ m}^3}{0,027 \text{ m}^3/\text{s}} = 13437 \text{ detik} = 3,7 \text{ jam}$$

Waktu detensi memenuhi kriteria desain yakni 2-6 jam

Pompa dan Pipa Lumpur ke Unit Parit Oksidasi

Pompa resirkulasi dan pompa lumpur direncanakan menggunakan pipa *suction* dan pipa *discharge*

$$\text{Debit resirkulasi (Q)} = 1399,6 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Vasumsi} = 0,5 \text{ m/detik}$$

$$A = Q \times V = 0,02 \text{ m}^3/\text{detik} \times 0,5 \text{ m/detik} = 0,01 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$$

D = 110 mm
 Head statis = 3,5 m
 L suction = 7 m
 L discharge = 10 m

Mayor losses:

$H_{f_{\text{suction}}}$

$$\begin{aligned}
 H_f &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{20}{0,00155 \times 120 \times 11^{2,63}} \right)^{1,85} \times 7 \\
 &= 0,34 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$H_{f_{\text{discharge}}}$

$$\begin{aligned}
 H_f &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{20}{0,00155 \times 120 \times 11^{2,63}} \right)^{1,85} \times 10 \\
 &= 0,49 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$H_{f_{\text{mayor losses}}} = 0,34 \text{ m} + 0,49 \text{ m} = 0,83 \text{ m}$

Head total = 7 + 0,83 = 7,83 m

Daya pompa yang dibutuhkan dapat digunakan persamaan berikut:

Whp =

$$\frac{\gamma \times Q \times H}{75} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,02 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \times 7,83}{75} = 2,0 \text{ hp} = 1,47 \text{ kW}$$

Pompa digunakan 2 buah, pompa untuk masing-masing pompa resirkulasi dan pompa lumpur, maka besar daya yang dibutuhkan adalah $2 \times 1470 \text{ W} = 2940 \text{ W}$.

Zona Outlet

Direncanakan:

Pelimpah berupa v-notch di sekeliling clarifier, dengan lebar saluran 50 cm.

Jarak antar v-notch = 0,8 m

Perhitungan:

$$\begin{aligned} Q \text{ effluen} &= Q_{ave} - Q_w \\ &= 2332,8 \text{ m}^3/\text{hari} - 7,25 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2325,5 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang weir} = \pi \times D = 3,14 \times 12,8 \text{ m} = 40,19 \text{ m}$$

Digunakan v-notch 90° dngan jarak 30 cm antar puncak segitiga

Jumlah v-notch total =

$$\frac{\text{panjang weir total}}{\text{jarak antar V - notch}} = \frac{40,19 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} = 113 \text{ buah}$$

Q tiap v-notch =

$$\frac{2325,5 \text{ m}^3/\text{hari}}{113} = 20,5 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} = 2,38 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kedalaman air =

$$\begin{aligned} \left(\frac{15Q}{8.Cd.\sqrt{2x9,81}} \right)^{2/5} &= \left(\frac{15 \times 2,38 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{8.0,6.\sqrt{2x9,81}} \right)^{2/5} = 0,02 \text{ m} \\ &= 2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Direncanakan kedalaman total v-notch 5 cm,

$$\begin{aligned} \text{Cek Weir Loading} &= Q \text{ effluen} / \text{panjang weir} \\ &= 2325,5 \text{ m}^3/\text{hari} / 40,19 \\ &= 57,8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \end{aligned}$$

(kriteria desain <124 m³/m².hari)

Saluran Outlet

Direncanakan:

$$\begin{aligned} Q \text{ max} &= 0,054 \text{ m}^3/\text{detik} \\ V \text{ rencana} &= 0,5 \text{ m/detik} \\ W \text{ (lebar)} : H \text{ (kedalaman)} &= 1 : 1 \\ \text{Slope} &= 0,0001 \\ \text{Panjang (L)} &= 4 \text{ m} \\ \text{Koef. Gesek (n)} &= 0,015 \end{aligned}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Kedalaman (H)} &= \\ \left(\frac{1,5874 \times Q \times n}{2 \times S^{1/2}} \right)^{3/8} &= \left(\frac{1,5874 \times 0,054 \times 0,015}{2 \times 0,0001^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$W = H = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,3 \text{ m}$$

Headloss di saluran pengumpul:

Mayor Losses (hm):

$$v = \frac{1}{n} \times \left(\frac{W \times H}{W + 2H} \right)^{2/3} \times \left(\frac{H_f}{L} \right)^{1/2}$$

$$0,5 = \frac{1}{0,015} \times \left(\frac{0,4 \times 0,4}{0,4 + 2(0,4)} \right)^{2/3} \times \left(\frac{H_f}{4} \right)^{1/2}$$

$$H_f = 0,003 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss Kecepatan (Hv)} &= \\ \frac{v^2}{2g} &= \frac{0,5^2}{2 \times 9,81} = 0,0127 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss total} &= H_f + H_v \\ &= 0,003 + 0,0127 = 0,015 \text{ m} \end{aligned}$$

6.2.6 Desinfeksi

Desinfeksi berfungsi untuk mematikan organisme patogen. Klor merupakan bahan yang paling umum digunakan sebagai disinfektan karena efektif pada konsentrasi rendah, murah dan membentuk sisa klor jika diterapkan pada dosis yang mencukupi. Dosis klor adalah jumlah klor yang ditambahkan pada air untuk menghasilkan residu spesifik pada akhir waktu kontak. Hasil sisa (residu) adalah dosis dikurangi kebutuhan klor yang digunakan oleh komponen dan materi organik yang ada dalam air.

Direncanakan :

Desinfektan yang dipakai ini adalah Kaporit [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$]

Kadar klor dalam kaporit = 60%

Berat jenis kaporit = 0,86 kg/L

Konsentrasi larutan, Cl = 5%

Daya Pengikat Klor = 1,2 mg/L

$$\begin{aligned}
 \text{Sisa Klor} &= 0,3 \text{ mg/L} \\
 \text{Dosis Klor} &= \text{DPC} + \text{Sisa Klor} \\
 &= 1,2 + 0,3 = 1,5 \text{ mg/L} \\
 Q \text{ air} &= 0,054 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tiap unit:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Kaporit} &= \frac{100}{60} \times \text{dosis klor} \times Q \\
 &= \frac{100}{60} \times 1,5 \text{ mg/L} \times 54 \text{ L/detik} \\
 &= 202,5 \text{ mg/detik} \\
 &= 17,5 \text{ kg/hari} \\
 \text{Volume kaporit} &= \frac{\text{Kebutuhan kaporit}}{\text{berat jenis kaporit}} \\
 &= \frac{17,5 \text{ kg/hari}}{0,86 \text{ kg/Lt}} = 20,3 \text{ L/hari} \\
 \text{Volume pelarut} &= \frac{(100\% - 5\%)}{5\%} \times \text{Volume kaporit} \\
 &= \frac{(100\% - 5\%)}{5\%} \times 20,3 \text{ L/hari} \\
 &= 385,7 \text{ L/hari} = 0,385 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume larutan kaporit} &= \text{Vol. kaporit} + \text{Vol. pelarut} \\
 &= 20,3 \text{ L/hari} + 385,7 \text{ L/hari} \\
 &= 406 \text{ L/hari} \\
 &= 0,28 \text{ L/menit}
 \end{aligned}$$

Dimensi bak desinfeksi sama besarnya dengan volume pelarut, yaitu $0,406 \text{ m}^3 \approx 0,4 \text{ m}^3$.

- **Kualitas Air Limbah Efluen**

Kualitas efluen air limbah setelah melalui unit pengolahan sudah memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 yang disajikan pada Tabel 6.20.

Tabel 6. 20 Kualitas Air Limbah Efluen

Parameter	Satuan	Inlet	Outlet	Baku Mutu
pH	-	7,89	7,89	6 s.d. 9
TSS	mg/L	240,8	13,1	30
BOD ₅	mg/L	190,3	20	30
COD	mg/L	415,7	32	100
Minyak dan Lemak	mg/L	12,1	2,42	5
Ammonia	mg/L	35,8	10	10
Total Coliform	MPN/100 mL	1600x10 ⁴	1600	3000

6.2.7 Thickener

Unit *thickener* berfungsi untuk mengurangi kadar air dalam lumpur sebelum dimasukkan ke dalam *sludge drying bed*, sehingga menambah kandungan padatan dalam lumpur

Tabel 6. 21 Kandungan Lumpur IPAL

Lumpur	Dry solid (kg/hari)	Solid (%)	Q (m ³ /hari)
BP1	1011	10,11	99
BP2	697,8	13,9	33,9
Total	1708,8	24,01	132,9

Perencanaan *sludge thickener* dengan jumlah 2 bak

$$\begin{aligned}\% \text{solid campuran awal} &= \text{total solid} / \text{total dry solid} \times 100\% \\ &= (24,01 / 1708,8) \times 100\% \\ &= 1,4\%\end{aligned}$$

Karena solid 1,4%, direncanakan SLR = 50 kg/m².hari
%solid akhir = 5%

$$\begin{aligned}A_s &= \text{Dry solid total} / \text{SLR} = 1708,8 \text{ kg/hari} / 50 \text{ kg/m}^2.\text{hari} \\ &= 34,1 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter thickener} &= (4 \times A_s / 3,14)^{0,5} \\ &= (4 \times 34,1 / 3,14)^{0,5} \\ &= 6,59 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= \sqrt{\frac{25,6}{2}} \\
 &= 11,7 \text{ m} \\
 P &= 11,7 \text{ m} \times 2 \\
 &= 23,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jika direncanakan untuk ketinggian, *Freeboard* = 0,3 m, maka dapat dihitung ketinggian total.

$$\begin{aligned}
 \text{Ketinggian total} &= H \text{ lumpur} + H \text{ media} + \text{freeboard} \\
 &= 0,3 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 0,3 \text{ m} \\
 &= 1,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Menghitung sistem *underdrain*

Direncanakan:

Kecepatan air *underdrain* : 0,6 m/s

Kadar air di *cake sludge* : 80 %

Volume *cake* kering tiap pengisian

$$\begin{aligned}
 V1 &= \frac{\text{Volume} \times (1 - \text{kadar air})}{1 - \text{kadar air cake solid}} \\
 &= \frac{27,56 \times (1 - 0,95)}{1 - 0,8} \\
 &= 6,89 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume air tiap pengisian

$$\begin{aligned}
 V2 &= (V \text{ sludge} \times \% \text{ air}) - (V \text{ cake} \times \% \text{ air}) \\
 &= (27,56 \text{ m}^3 \times 95\%) - (6,89 \text{ m}^3 \times 80\%) \\
 &= 20,67 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pipa yang digunakan adalah pipa dengan diameter 50 mm karena volume air yang kecil.

6.3 Pengoperasian dan Pemeliharaan

Pengoperasian direncanakan untuk dapat beroperasi dengan kontinu selama 24 jam. Kegiatan pengoperasian dan pemeliharaan dilaksanakan untuk menjamin kelangsungan fungsi pelayanan sesuai perencanaan sehingga air limbah domestik yang dibuang ke lingkungan sesuai dengan baku mutu air limbah domestik.

6.3.1 Sistem Penyaluran Air Limbah

Pengoperasian

1. Pengoperasian jaringan pipa retikulasi dan pipa induk air limbah domestik.

Pengoperasian jaringan pipa pengumpulan air limbah domestik yang harus diperhatikan yaitu kondisi pengaliran air limbah domestik. Ketersediaan air penggelontor kecil menyebabkan transportasi tinja dalam pipa tidak dapat berlangsung baik, melainkan sebagian mengendap, tertinggal dan melekat pada dasar saluran.

Hal yang perlu diperhatikan dalam mengoperasikan pengaliran dalam pipa ini sebagai berikut:

- a. Sistem penggelontor di setiap wc distandarisasi, minimal 10 liter.
- b. Menjaga agar kotoran dari luar tidak masuk ke dalam pipa dengan membuat saringan pada setiap inlet pemasukan pipa, contohnya pada inlet pengenceran air hujan dan bak kontrol akhir;
- c. Pembersihan saluran diintensifkan, terutama pembilasan air dari terminal *clean out* dan penggelontor dilaksanakan sesuai jadwal.
- d. Metode dan jenis pemeliharaan perlu ditentukan sesuai dengan kondisi prasarana dan sarana pada Sub-sistem Pengumpulan yang telah dibangun.
- e. Kegiatan pemeliharaan pipa pengumpulan dilaksanakan secara rutin dan terjadwal.

2. Pengoperasian lubang kontrol (*Manhole/Drop Manhole*)

Pengoperasian untuk menjamin akibat penyumbatan oleh sampah yang masuk ke jaringan pipa, maka *manhole* harus dijaga. Hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

- a. lubang udara (*vent*) yang terdapat pada tutup manhole dijaga agar tidak tersumbat untuk mempertahankan sirkulasi udara pada jaringan pengumpul.
- b. menjaga tutup manhole selalu tertutup dan dikunci.
- c. menjaga tidak terjadi kebocoran di area manhole.
- d. jalur pipa air limbah domestik, khususnya yang memiliki banyak manhole, dihindarkan dari jalur jalan lalu lintas padat.

3. Stasiun pompa

Stasiun pompa dapat memanfaatkan dua jenis pompa antara lain pompa angkat dan pompa *wet well*.

Pengoperasian stasiun pompa dibutuhkan energi untuk mengoperasikan pompa yang digunakan. Sumber listrik dapat diperoleh dari jaringan PLN, tetapi jika diperlukan dapat juga di *backup* dengan unit genset tersendiri. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian pompa angkat sebagai berikut:

- a. Periksa *operation panel* (kontrol panel pompa) sudah menyala. Panel operasi ada di ruang mesin.
- b. Periksa lampu yang berwarna hijau.
- c. Jika *power indicator lamp* (lampu indikator) tidak menyala, hidupkan NFB untuk *power supply*.
- d. Periksa listrik yang disalurkan ke pompa. Listrik tersambung jika lampu indikator yang berwarna hijau menyala.
- e. Jika lampu operasi tidak menyala, hidupkan NFB untuk pompa yang diinginkan di dalam panel listrik.
- f. Tergantung dari jenis pompa yang dipakai pada bangunan IPALD, *lift pump* dengan tipe ulir biasanya dilengkapi dengan sistem pompa lemak (*grease pump*). Periksa secara rutin tangki/wadah lemak yang sudah diisi dibersihkan secara teratur.
- g. Periksa listrik yang disalurkan ke *grease pump*. Listrik sudah tersalur jika lampu indikator yang berwarna hijau menyala. Jika lampu operasi tidak menyala, hidupkan NFB yang ada di dalam panel.
- h. Lemak akan dipompakan pada *bearing* dan bagian bergerak lainnya secara otomatis.

4. Pengoperasian penggelontoran

Penggelontoran dilaksanakan saat debit aliran minimal, yang kedalaman renang air limbah tidak cukup untuk membersihkan tinja/ endapan padat. Sumber air yang digunakan berasal dari air PDAM. Volume air pada bak penggelontor disesuaikan dengan volume air yang dibutuhkan untuk penggelontoran sesuai dengan perhitungan perencanaan. Melalui pipa air penggelontor dari truk tangki air dapat dimasukkan ke dalam terminal pembersihan (*terminal cleanout*), selama (5 – 15) menit, dan sesuai perencanaan.

Pemeliharaan

1. Jaringan Perpipaan

a. *Updating* gambar sistem jaringan pipa yang menunjukkan arah aliran, lokasi dan tata letak *manhole*, sambungan rumah dan fasilitas lainnya, serta kemiringan pipa.

b. Inventarisasi bagian jalur pipa yang sering mengalami gangguan.

c. Analisis dan pengecekan tingkat keberhasilan perbaikan yang telah dilaksanakan.

d. Pemutahiran data melalui *as built drawing* yang ada dan melakukan survei identifikasi kemungkinan titik yang sering menimbulkan permasalahan, semuanya diplot dalam peta dan diprogramkan dalam suatu jadwal pemeliharaan rutin.

2. *Manhole*

Manhole harus terbuat dari beton pracetak atau jenis beton lain dan harus tahan air. Inlet dan outlet pipa harus disambung ke lubang saluran dengan koneksi yang fleksibel dan kedap air. Penutup *manhole* yang kedap air harus digunakan ketika kondisi atas manhole rawan terjadi banjir.

3. Pompa

Pemeliharaan pompa perlu dilakukan setiap hari, berkala (bulanan atau jangka waktu yang ditetapkan), dan perlu dilakukan pemeriksaan mendadak apabila terjadi situasi yang tidak normal.

a. Tekanan Pompa

Tekanan isap dan tekanan keluar dari pompa perlu diperiksa setiap hari untuk mengetahui apakah pompa bekerja normal. Perubahan tekanan isap atau tekanan keluar, merupakan indikasi adanya kelainan dalam instalasi. Ini dapat disebabkan oleh tersumbatnya pipa atau masuknya udara dalam pipa masuk pompa.

b. Arus Listrik

Untuk pompa yang digerakkan oleh motor listrik, arus listrik yang digunakan dapat digunakan sebagai salah satu indikasi adanya kelainan dalam operasi. Jika pada panel listrik pengatur motor listrik tersebut dipasang meter pengukur arus (ampere meter), cara yang praktis dengan memberi tanda pada kaca

penutup meter tersebut nilai arus yang dalam keadaan normal digunakan oleh motor tersebut.

c. Tegangan Listrik

Tegangan listrik yang tersedia harus sesuai dengan yang dituntut oleh motor listrik penggerak pompa. Pemeriksaan tegangan listrik secara teratur untuk mencegah motor terbakar akibat tegangan melewati batas yang diperbolehkan untuk motornya.

d. Tingkat Kebisingan dan Getaran

Pengamatan dan pemeriksaan perlu dilakukan pada waktu pompa bekerja, apakah timbul suara bising atau getaran yang tidak wajar. Dengan bertambah ausnya bagian pompa maupun motor listrik, maka tekanan keluar pompa dan arus listrik masuk ke motor akan berubah pula.

6.3.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah

Pengoperasian

1. Unit Pengolahan Fisik

a. Pengoperasian saringan sampah perlu memperhatikan sampah yang terakumulasi pada saringan. Sampah yang terkumpul dibersihkan secara berkala.

b. Pengoperasian bak penangkap pasir perlu memperhatikan akumulasi pasir yang terkumpul pada bak penangkap pasir perlu dikuras secara berkala dan/atau pasir yang telah dikuras dapat dipindahkan ke bak pengering lumpur.

2. Bak Pengendap I

Akumulasi padatan yang tersuspensi pada bak pengendapan, padatan yang terkumpul perlu dikuras secara berkala, dan/atau padatan yang telah dikuras dapat dipindahkan ke bak pengering lumpur. Pengoperasian Bak Pengendapan I dengan peralatan mekanik dilaksanakan dengan tahap berikut:

- a. Listrik pada Bak Pengendapan I dihidupkan pada kontrol panel.
- b. Pompa lumpur dihidupkan sekali atau dua kali setiap harinya.
- c. Penyaluran lumpur ke kolam pengering lumpur diperiksa apakah telah tersalur dengan baik.

- d. Bak dibersihkan dari kotoran/sampah yang mungkin terbawa.
- e. Lakukan pembuangan lumpur dari bak sedimentasi I sesuai dengan periode waktu yang telah ditentukan dalam perencanaan atau tergantung pada kondisi air baku.
- f. Ketinggian muka air dalam bak diamati apakah sesuai yang direncanakan.
- g. Aliran dalam bak diperhatikan apakah merata, atau ada bagian yang terlalu lambat/cepat. Bilamana ada aliran tidak merata, maka hal ini merupakan indikasi adanya pembebanan yang tidak merata pada seluruh bidang bak sedimentasi I.

3. Unit Parit Oksidasi

Proses pengoperasian prasarana Parit Oksidasi dilaksanakan dengan mengoperasikan aerator untuk menyuplai oksigen, yang berfungsi untuk mendorong *suspense* air dalam parit agar terus mengalir. Sistem ini mempunyai keunggulan karena mampu mengolah air limbah domestik yang mengandung nutrien tinggi. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian Parit Oksidasi antara lain.

- a. Debit masuk dan debit keluar

Debit masuk dan debit keluar diukur dan dicatat setiap bulan, kondisi debit dapat mengindikasikan kondisi akumulasi padatan pada pipa dan ruang impeller.

- b. Kondisi lapisan buih (*scum*) dan alga yang terbentuk perlu dibersihkan sesuai dengan jadwal dan SOP.

- c. Kondisi beban organik pada air limbah domestik

Pengukuran beban organik seperti COD, BOD, TSS dan pH pada inlet unit pengolahan biologis, dianjurkan untuk dilaksanakan setiap hari.

- d. pH merupakan salah satu syarat agar proses pengolahan biologis dapat berjalan secara optimal. Penyesuaian pH dibutuhkan untuk mendapatkan proses pengolahan biologis yang sesuai dengan perencanaan.

- e. Kondisi *overloading*

Kondisi ini terjadi apabila bakteri tidak dapat mengatasi beban organik yang terdapat dalam air limbah. Jika

terjadi *overloading*, maka nilai pemeriksaan COD, BOD dan SS efluen akan meningkat, maka perlu dilaksanakan pengambilan sampel air limbah domestik pada unit pengolahan biologis untuk memeriksa apakah rasio kebutuhan mikroorganisme di dalam unit sudah sesuai atau masih kurang. Jika rasio mikroorganisme cukup, berarti ada sebab lain yang mengakibatkan *overloading*, pengelola perlu menelusuri dan memastikan penyebab *overloading* tersebut.

4. Bak Pengendap II

Endapan/ lumpur pada kolam ini dipompa setiap hari dan diresirkulasikan ke bak pengendapan awal dan sebagian dibuang dengan jumlah lumpur buangan yang sesuai dengan produksi lumpur yang direncanakan sesuai dengan umur lumpurnya (*sludge age*). Pompa dapat menggunakan pompa lumpur, atau *jenis lift pump* lainnya. Air limbah yang telah diuraikan secara biologis oleh mikroorganisme selanjutnya akan dipisahkan dari air limbah yang terolah dengan proses pengendapan pada tahap sedimentasi. Lumpur aktif akan mengendap kemudian dimasukkan ke tangki aerasi, sisanya dibuang. Kapasitas lumpur yang diresirkulasi ke tangki aerasi harus sesuai dengan padatan biologis yang berada dalam sistem reaktor. Namun, laju aliran pengembalian lumpur yang lebih tinggi dari yang dibutuhkan, perlu dijaga agar tidak meningkatkan pembebanan lumpur (*solid loadings*) pada *clarifier*. Rasio pengembalian lumpur pada tangki aerasi (*aeration tank*) rata-rata dapat diatur berdasarkan besaran *Sludge Volume Index* (SVI).

Pemeliharaan

1. Sumur Pengumpul

Pemeliharaan yang dapat dilakukan untuk sumur pengumpul antara lain, kebocoran agar selalu dipantau tinggi permukaan air melalui alat pemeriksaan *water level*. Selain itu memantau tingkat kebocoran, dengan mengetahui tinggi muka air dalam sumur pengumpul bisa melakukan pengecekan debit limbah.

2. *Barscreen*

Pemeliharaan ini dilakukan untuk memeriksa dan memperbaiki (dilakukan seminggu sekali). Periksa apakah

platform berdiri sesuai dengan kondisi perencanaan. Periksa kondisi *screen* setidaknya memiliki kemiringan sudut 60° atau lebih terhadap arah horizontal, hal ini ditujukan untuk menghindari arus yang terlalu kuat dalam saluran air limbah dan juga untuk memudahkan operator ketika membersihkan *screen*. Sisi belakang platform juga harus memiliki pegangan tangan.

3. Bak Pengendap I

Pemeliharaan rutin yang paling penting adalah pembersihan luapan pelimpah (*weir*) setiap hari dan hasil penyapuan (*scrappings*) setiap mingguan dan membersihkan dinding. Secara berkala perlu dilakukan pemeriksaan peralatan yang sudah terkorosi.

4. Unit Parit Oksidasi

Pemeliharaan peralatan OD perlu dijadwalkan secara rutin dan harus dilakukan sesuai dengan instruksi manual pabrik. Operator harus memeriksa setiap peralatan sehari-hari untuk melihat bahwa unit berfungsi dengan baik. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian Unit Parit Oksidasi antara lain, rotor dan pompa harus diperiksa untuk memastikan beroperasi dengan benar dalam proses pengolahan limbah.

5. Bak Pengendap II

Pemeliharaan Bak Pengendapan II sama halnya dengan pemeliharaan Bak Pengendapan I. Kegiatan pemeliharaan, meliputi: pemeriksaan dan pembersihan plat pengendapan dengan menyemprotkan air, pemeriksaan kebocoran, fungsi pipa dan katup penguras lumpur; pemeriksaan dan pembersihan kotoran serta busa yang mengapung diatas permukaan air.

BAB 7

BILL OF QUANTITY, RENCANA ANGGARAN BIAYA, DAN ANALISIS EKONOMI

Bill of Quantity (BOQ) adalah perhitungan suatu bahan atau material untuk mengetahui jumlah atau volume dibutuhkan, sedangkan Rencana Anggaran Biaya adalah perhitungan suatu bahan atau bangunan untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan melalui Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK).

7.1 Perpipaan

Perencanaan ini menggunakan pipa PVC khusus air limbah yang setiap variasi diameternya memiliki panjang 6 m. Berikut adalah rincian jumlah pipa yang dibutuhkan setiap jalurnya.

Tabel 7. 1 Jumlah Pipa Tiap Jalur Zona 1

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (m)	Jumlah Pipa
Blok 1				
1	A99-A44	666,4	0,11	111
2	A92-A69	399,6	0,11	67
3	A81-A71	136,3	0,11	23
4	A82-A72	156,5	0,11	26
5	A89-A73	346,8	0,11	58
6	A93-A74	359,5	0,11	60
7	B2-A96	146,5	0,11	24
8	B3-A96	136,7	0,11	23
9	A83-A87	160,6	0,11	27
10	A96-A75	395,2	0,16	66
11	A75-A44	600,23	0,20	100
BLOK 2				
1	A44-A1	492,7	0,11	82

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (m)	Jumlah Pipa
2	A68-A2	680,8	0,11	113
3	A3-A6	78,3	0,11	13
4	A7-A8	84,3	0,11	14
5	A9-A10	76,3	0,11	13
6	A11-A12	95,8	0,11	16
7	A20-A27	70,4	0,11	12
8	A32-A27	53,4	0,11	9
9	A19-A26	67,6	0,11	11
10	A26-A31	52,4	0,11	9
11	A18-A25	61,9	0,11	10
12	A35-A25	53,2	0,11	9
13	A40-A24	52,2	0,11	9
14	A17-A24	57,6	0,11	10
15	A30-A23	74,7	0,11	12
16	A16-A23	53,5	0,11	9
17	A14-A22	49	0,11	8
18	A29-A22	73,9	0,11	12
19	A27-A21	158,1	0,11	26
20	A33-A28	278,1	0,11	46
21	A41-A39	134,5	0,11	22
22	A42-A38	350,4	0,11	58
23	A69-A45	460,4	0,11	77
24	A49-A48	471,6	0,11	79
25	A48-A1	566,2	0,16	94
BLOK 3				
1	A49-A48	471,6	0,11	79

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (m)	Jumlah Pipa
2	A51-A50	473,8	0,11	79
3	A57-A52	481,5	0,11	80
4	A59-A58	473,5	0,11	79
5	A61-A60	471,6	0,11	79
6	A65-A62	428,3	0,11	71
7	A67-A66	449,8	0,11	75
8	A109-B4	444,7	0,11	74
9	B13-B12	447,7	0,11	75
10	B12-A48	233,9	0,16	39
BLOK 4				
1	B13-B12	447,7	0,11	75
2	B15-B14	446,7	0,11	74
3	B17-B16	444,7	0,11	74
4	B19-B18	444,5	0,11	74
5	B22-B21	428,5	0,11	71
6	B27-B26	174,7	0,11	29
7	B32-B31	179	0,11	30
8	B36-B35	181,1	0,11	30
9	B41-B40	186,9	0,11	31
10	B46-B45	189,9	0,11	32
11	B51-B50	195,4	0,11	33
12	B57-B56	173,9	0,11	29
13	B58-B55	200,9	0,11	33
14	B61-B60	200,6	0,11	33
15	B64-B63	207	0,11	35
16	B67-B66	214,5	0,11	36

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (m)	Jumlah Pipa
17	B72-B71	214	0,11	36
18	B71-B20	568,6	0,16	95
BLOK 5				
1	B21-B20	272,7	0,11	45
2	B26-B23	279,2	0,11	47
3	B31-B28	266,8	0,11	44
4	B35-B33	260,7	0,11	43
5	B40-B37	269,4	0,11	45
6	B45-B42	266,5	0,11	44
7	B50-B47	259,7	0,11	43
8	B55-B52	243	0,11	41
9	B60-B59	235,4	0,11	39
10	B63-B62	233,8	0,11	39
11	B66-B65	225	0,11	38
12	B71-B68	220,6	0,11	37
13	B74-B73	160,4	0,11	27
14	B77-B76	158,8	0,11	26
15	B79-B78	158,2	0,11	26
16	B81-B80	158,5	0,11	26
17	B83-B82	159,5	0,11	27
18	B82-B20	413,1	0,16	69
BLOK 6				
1	B88-B87	200,1	0,11	33
2	C4-C3	197,3	0,11	33
3	C6-C5	193,7	0,11	32
4	C8-C7	189,7	0,11	32

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (m)	Jumlah Pipa
5	C16-CX15	184,9	0,11	31
6	C22-C21	179,6	0,11	30
7	C26-C25	175	0,11	29
8	C32-C31	171,7	0,11	29
9	C36-C35	166,3	0,11	28
10	C40-C39	163	0,11	27
11	C46-C45	159,2	0,11	27
12	C51-C50	155,8	0,11	26
13	C55-C54	129,6	0,11	22
14	C59-C58	148,1	0,11	25
15	C67-C70	66,3	0,11	11
16	C66-C69	51,1	0,11	9
17	C65-C68	52,5	0,11	9
18	C70-C73	71	0,11	12
19	C64-C72	70,5	0,11	12
20	C71-C73	68	0,11	11
21	C76-C75	37,9	0,11	6
22	C75-C78	33,1	0,11	6
23	C77-C79	53,9	0,11	9
24	C80-C74	163,3	0,16	27
25	C74-B71	631,2	0,16	105
BLOK 7				
1	B85-B84	160	0,11	27
2	B91-B90	112,6	0,11	19
3	B94-B100	107,8	0,11	18
4	B95-C1	112,7	0,11	19

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (m)	Jumlah Pipa
5	C1-B89	180,6	0,11	30
6	C14-C13	198,6	0,11	33
7	C20-C17	266,04	0,11	44
8	C24-C23	275,1	0,11	46
9	C30-C27	274,8	0,11	46
10	C34-C33	291,4	0,11	49
11	C38-C37	289,2	0,11	48
12	C44-C41	302,3	0,11	50
13	C49-C48	222,8	0,11	37
14	C53-C52	158,5	0,11	26
15	C57-C56	132,8	0,11	22
16	C63-C60	61	0,11	10
17	C60-C41	287	0,16	48
18	C74-C81	355,1	0,11	59
19	C81-B84	297,7	0,16	50
PIPA MENUJU IPAL				
1	C81-B84	297,7	0,20	50
2	B84-B20	413,1	0,25	69
3	C74-B71	455,2	0,16	76
4	B71-B20	631,2	0,25	105
5	B20-A48	350,9	0,40	58
6	A48-A1	566,2	0,40	94
7	A75-A1	1171,03	0,20	195
8	A1-E3	210,16	0,40	35

Tabel 7. 2 Jumlah Pipa Tiap Jalur Zona 2

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (m)	Jumlah Pipa
BLOK 8				
1	D3-D15	80,5	0,11	13
2	D4-D16	94,2	0,11	16
3	D5-D17	145,6	0,11	24
4	D15-D20	171,4	0,11	29
5	D6-D5	74,1	0,11	12
6	D8-D7	108,2	0,11	18
7	D10-D9	77,7	0,11	13
8	D12-D11	46,5	0,11	8
9	D14-D13	67,3	0,11	11
10	D19-D18	85,3	0,11	14
11	D20-D17	114,4	0,11	19
12	D20-D2	433,5	0,11	72
BLOK 9				
1	C81-C82	103	0,11	17
2	C83-C84	98,8	0,11	16
3	C85-C86	100,9	0,11	17
4	C87-C88	102,7	0,11	17
5	C89-C90	102,9	0,11	17
6	C91-C92	98,8	0,11	16
7	C94-C93	25	0,11	4
8	C96-C95	49,6	0,11	8
9	C97-C98	99,4	0,11	17
10	C99-C100	98,8	0,11	16
11	D1-D2	94,2	0,11	16

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (m)	Jumlah Pipa
12	D2-C82	706,1	0,11	118
PIPA MENUJU PERLINTASAN 1				
1	D20-D2	433,5	0,11	72
2	D2-C82	706,1	0,16	118
3	C82-B14	96,5	0,16	16

Tabel 7. 3 Jumlah Pipa Tiap Jalur Zona 3

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (m)	Jumlah Pipa
BLOK 10				
1	D49-D29	623,3	0,11	104
2	D50-D30	560,4	0,11	93
3	D51-D32	548	0,11	91
4	D32-D29	98,6	0,11	16
BLOK 11				
1	D58-D56	82,5	0,11	14
2	D55-D54	54,3	0,11	9
3	D61-D59	125,1	0,11	21
4	D67-D69	131,3	0,11	22
5	D71-D69	131,3	0,11	22
6	D75-D69	157,9	0,11	26
7	D82-D69	182,9	0,11	30
8	D69-D68	27,3	0,11	5
9	D80-D49	476,9	0,11	79
BLOK 12				

No	Jalur Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (m)	Jumlah Pipa
1	D100-D99	166,8	0,11	28
2	D98-D96	163,7	0,11	27
3	D95-D93	105,7	0,11	18
4	D92-D89	168,4	0,11	28
5	D88-D86	166,8	0,11	28
6	D85-D83	162,6	0,11	27
7	D99 - E4	190,4	0,11	32
BLOK 13				
1	D32-D24	225,5	0,11	38
2	D31-D23	229	0,11	38
3	D29-D22	186,3	0,11	31
4	D22-E3	41,5	0,11	7
PIPA HASIL PROYEKSI (SEKUNDER)				
1	D80-D49	476,9	0,20	79
2	D49-D29	623,3	0,25	104
3	D29-E3	186,3	0,25	31
4	E4-X	735,3	0,20	123
5	E3-X	280,7	0,50	47
6	X-IPAL	69,6	0,50	12

7.2 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap yang digunakan pada SPAL adalah *manhole* dan bak kontrol yang diletakkan di setiap rumah.

7.2.1 Manhole

Manhole setiap Zona memiliki jumlah yang berbeda, dimana *manhole* yang digunakan diantaranya yaitu *manhole* lurus, *manhole* belokan, *manhole* pertigaan, *manhole* perempatan, dan

drop *manhole*. Jumlah keseluruhan manhole disajikan pada Tabel 7.4. Setelah diketahui jumlah yang dibutuhkan, maka dapat ditentukan HSPK manhole yang disajikan pada Tabel 7.5

Tabel 7. 4 Bill of Quantity Manhole

No	Jenis Manhole	Zona 1	Zona 2	Zona 3
		buah	buah	buah
1	Lurus	138	16	21
2	Belokan	39	6	4
3	Pertigaan	106	19	23
4	Perempatan	5	0	0
5	Drop	1	2	1

Tabel 7. 5 HSPK 1 Unit Manhole Tipikal

No	Uraian	Satuan	Harga	
			Bahan	Upah
	Bahan			
1	GalianTanah	m ³	-	Rp86.450
2	Pas Urug	m ³	Rp180.240	Rp34.580
3	Rabat Beton	m ³	Rp57.287	Rp10.040
4	Lantai Kerja K-225	m ³	Rp754.392	Rp168.640
5	Dinding, Beton Bertulang 1:2:3	m ³	Rp1.663.561	Rp612.160
6	Cover, Beton Bertulang 1:2:3	m ³	Rp786.076	Rp343.988
7	Tutup, Beton Bertulang 1:2:3	m ³	Rp287.807	Rp103.341
Total			Rp5.088.566	

7.2.2 Bak Kontrol

Perencanaan bak kontrol dipasang sesuai jumlah rumah terlayani sebanyak 9.743 sambungan rumah. Berikut merupakan HSPK dari unit bak kontrol yang didesain sama untuk seluruh rumah yang disajikan pada Tabel 7.6

Tabel 7. 6 HSPK 1 Unit Bak Kontrol Tipikal

No	Uraian	Satuan	Harga	
			Bahan	Upah
	Bahan			
1	GalianTanah	m ³		Rp86.450
2	Pas Urug	m ³	Rp180.240	Rp34.580
3	Pasangan 1/2 Bata 1:2	m ³	Rp157.994	Rp45.926
4	Lantai Kerja K-225	m ³	Rp786.076	Rp343.988
5	Cover, Beton Bertulang 1:2:3	m ³	Rp287.807	Rp103.341
6	Tutup, Beton Bertulang 1:2:3	m ³	Rp754.392	Rp168.640
Total			Rp2.949.437	

RAB Bangunan Pelengkap

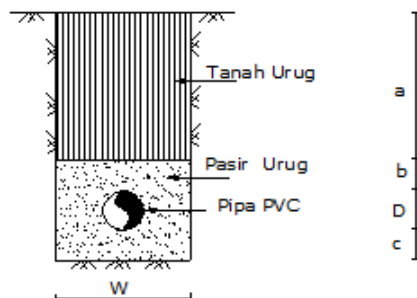
Rencana anggaran biaya untuk kebutuhan bangunan pelengkap disesuaikan dengan HSPK Kota Surabaya 2017 disajikan pada Tabel 7.7

Tabel 7. 7 RAB Bangunan Pelengkap

Unit	Jumlah	Harga Satuan	Jumlah Harga
Manhole	381	Rp5.394.778	Rp2.055.410.502
Bak Kontrol	9743	Rp2.949.437	Rp28.736.364.691
Jumlah			Rp30.791.775.190

7.3 Galian dan Urugan Pipa

Penggalian pipa disesuaikan pada keadaan tanah di wilayah perencanaan yang cenderung stabil atau normal. Penanaman pipa dari muka tanah direncanakan sesuai dengan perhitungan penanaman pipa yang telah dihitung sebelumnya. Bentuk galian yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 7.1.



GALIAN NORMAL

Gambar 7. 1 Galian Normal Pipa Penyalur Air Limbah

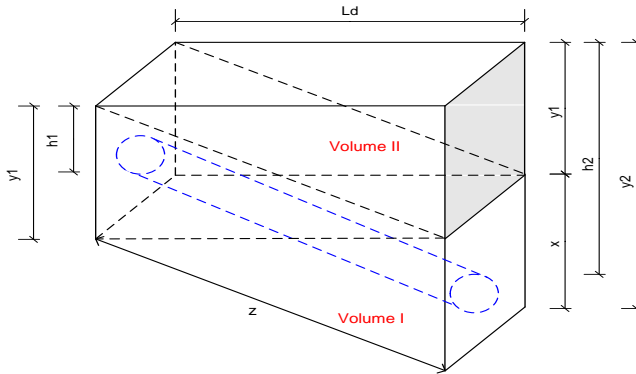
Nilai a,b,c,d dan w telah diatur dalam standar Departemen Pekerjaan Umum untuk dimensi saluran yang direncanakan yang dapat dilihat melalui Tabel 7.8

Tabel 7. 8 Standar Urugan Galian yang Diperkenankan

D (mm)	abcd (cm)	w (cm)	a (cm)	b (cm)	c (cm)
50-100	100-115	55-60	65-75	15	15
150-200	120-125	65-70	75	15	15
250-300	130-135	75-80	75	15	15
350-400	140-150	85-95	75	15	15
500-600	160-170	100-110	75	15	15

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

Berdasarkan peraturan di atas maka dapat ditentukan dimensi setiap saluran. Direncanakan memiliki standar urugan galian yang sama untuk ketiga Zona sesuai dengan pipa tersier, sekunder, maupun primer. Bentuk galian yang direncanakan sepanjang pipa dapat dilihat pada Gambar 7.2



Gambar 7. 2 Bentuk Galian yang Direncanakan Sepanjang Saluran

Berdasarkan gambar bentuk galian yang direncanakan sepanjang pipa, maka dapat dihitung untuk galian pipa.

D = diameter pipa.

h = kedalaman penanaman pipa.

h1 = kedalaman penanaman pipa awal.

h2 = kedalaman penanaman pipa akhir.

y = kedalaman galian = h + D + c.

y1 = kedalaman galian awal.

y2 = kedalaman galian akhir.

x = y2 - y1, z = ((y1²) + (L pipa²))^{1/2}

Volume galian I = [(0,3 x 2) + D] x y1 x L

Volume galian II = ½ [(0,3 x 2) + D] x y1 x L

Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II

Volume pipa = ¼ π D² x L

Volume urugan pasir

= [D + (0,3 x 2)] x (b + D + c) x L – Volume pipa.

Volume Sisa Tanah Galian

= Volume galian total – Volume urugan pasir.

Contoh perhitungan BOQ galian pipa pada jalur pipa A81-A71 adalah sebagai berikut :

D = 0,11 m

Panjang saluran = L pipa = 136 m

$$\begin{aligned}
 h_1 &= 0,71 \text{ m}, h_2 = 1,50 \text{ m}, c = 0,15 \\
 y_1 &= h_1 + D + c = 0,71 + 0,11 + 0,15 = 0,97 \text{ m} \\
 y_2 &= h_2 + D + c = 1,50 + 0,11 + 0,15 = 1,76 \text{ m} \\
 x &= y_2 - y_1 = 1,76 - 0,97 = 0,79 \text{ m} \\
 Z &= [(0,97) + (1,76)]/2 = 1,365 \text{ m} \\
 \text{Volume galian I} &= [(0,3 \times 2) + D] \times y_1 \times L \\
 &= [(0,3 \times 2) + 0,11] \times 0,97 \times 136 \\
 &= 93,87 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume galian II} &= \frac{1}{2} [0,3 \times 2 + D] \times y_2 \times L \\
 &= \frac{1}{2} [0,3 \times 2 + 0,11] \times 1,76 \times 136 \\
 &= 38,12 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Volume galian total} \\
 &= \text{Volume galian I} + \text{Volume galian II} \\
 &= 93,87 \text{ m}^3 + 38,12 \text{ m}^3 \\
 &= 131,99 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Bongkar paving} \\
 &= \text{lebar galian} \times \text{panjang pipa} \\
 &= (0,3 \times 2) \times 136 \text{ m} \\
 &= 81,78 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pipa} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \times L \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,11^2 \times 136 \\
 &= 1,3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Volume urugan pasir} \\
 &= [(D + (0,3 \times 2)) \times (b + D + c) \times L] - \text{Volume Pipa} \\
 &= [(0,11 + (0,3 \times 2)) \times (0,15 + 0,11 + 0,15) \times 136] - (1,3) \\
 &= 38,38 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Volume Sisa Tanah Galian} \\
 &= \text{Volume galian total} - \text{Volume urugan pasir.} \\
 &= 131,99 \text{ m}^3 - 38,38 \text{ m}^3 \\
 &= 93,61 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan BOQ galian dan urugan pipa pada saluran selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran 4. Berikut

merupakan hasil analisa HSPK yang digunakan untuk pekerjaan SPAL yang disajikan pada Tabel 7.9

Tabel 7. 9 Analisis HSPK Sistem Penyaluran Air Limbah

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Pembongkaran Paving Dipakai Kembali (m^2)				
	Upah				
	Mandor	0,02	Orang Hari	163000	3260
	Tenaga Kasar	0,04	Orang Hari	116000	4640
	Jumlah				7900
	Nilai HSPK				7900
2	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi (m^3)				
	Upah				
	Mandor	0,025	Orang Hari	163000	4075
	Pembantu Tukang	0,75	Orang Hari	115000	86250
	Jumlah				90325
	Nilai HSPK				90325
3	Pengurugan Pasir (PADAT)				
	Upah:				
	Mandor	0,01	Orang Hari	163000	1630
	Pembantu Tukang	0,3	Orang Hari	115000	34500
	Jumlah				36130
	Bahan:				
	Pasir Urug	1,2	m^3	187200	224640
	Jumlah				224640
	Nilai HSPK				260770
4	Pengurugan Tanah Kembali Untuk Konstruksi				
	Upah:				
	Mandor	0,019	Orang Hari	163000	3097
	Pembantu Tukang	0,102	Orang Hari	115000	11730
	Jumlah				14827
	Nilai HSPK				14827
5	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek (m^3)				
	Upah:				

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Pembantu Tukang	0,25	Orang Hari	115000	28750
	Jumlah				28750
	Sewa Peralatan:				
	Sewa Dump Truk 5 Ton	0,25	Jam	71900	17975
	Jumlah				17975
	Nilai HSPK				46725
6	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4" (m)				
	Upah:				
	Mandor	0,0041	Orang Hari	163000	668
	Kepala Tukang Batu	0,0135	Orang Hari	153000	2066
	Tukang Batu	0,135	Orang Hari	126000	17010
	Pembantu Tukang	0,081	Orang Hari	115000	9315
	Jumlah				29059
	Bahan:				
	Pipa PVC 4" type C Panjang 4 m	0,3	Batang	89400	26820
	Perlengkapan 35% harga pipa	0,105	Buah	89400	9387
	Jumlah				36207
	Nilai HSPK				65266
7	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 6" (m)				
	Upah:				
	Mandor	0,0041	Orang Hari	163000	668
	Kepala Tukang Batu	0,0135	Orang Hari	153000	2066
	Tukang Batu	0,135	Orang Hari	126000	17010
	Pembantu Tukang	0,081	Orang Hari	115000	9315
	Jumlah				29059
	Bahan:				
	Pipa PVC 6" type C Panjang 4 m	0,3	Batang	577000	173100
	Perlengkapan 35% harga pipa	0,105	Buah	577000	60585
	Jumlah				233685

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Nilai HSPK				262744
8	Pengurangan Pasir Untuk Paving (m ³)				
	Upah:				
	Mandor	0,01	Orang Hari	163000	1630
	Pembantu Tukang	0,3	Orang Hari	115000	34500
	Jumlah				36130
	Bahan:				
	Pasir Urug	1,2	m ³	187200	224640
	Jumlah				224640
	Nilai HSPK				260770
9	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl. 6 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang				
	Upah:				
	Mandor	0,025	Orang Hari	163000	4075
	Kepala Tukang	0,025	Orang Hari	153000	3825
	Tukang	0,05	Orang Hari	126000	6300
	Pembantu Tukang	0,05	Orang Hari	115000	5750
	Jumlah				19950
	Bahan/Material:				
	Paving Stone Abu-abu Persegi Panjang	1	m ²	78000	78000
	Jumlah				78000
	Nilai HSPK				97950

Sumber: HSPK Kota Surabaya, 2017

Perhitungan BOQ selesai dilakukan kemudian dilakukan analisis Harga Satuan Pokok Kegiatan SPAL, maka dapat diketahui RAB SPAL wilayah perencanaan yang disajikan pada Tabel 7.10

Tabel 7. 10 RAB SPAL

No	Uraian Pekerjaan	Unit	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembongkaran Paving	m ³	27333,52	Rp7.900	Rp215.934.776
2	Galian	m ³	80685,91	Rp90.325	Rp7.287.954.549
3	Urugan Pasir	m ³	14068,52	Rp36.130	Rp508.295.597
4	Urugan Tanah Kembali	m ³	65791,40	Rp260.770	Rp17.156.424.049
5	Pembuangan Tanah	m ³	66617,39	Rp46.725	Rp3.112.697.446
6	Pemasangan Pipa 4"	m	37852,17	Rp65.266	Rp2.470.452.157
7	Pemasangan Pipa 6"	m	7703,69	Rp262.744	Rp2.024.096.785
8	Pasir Paving	m ³	1008,11	Rp260.770	Rp262.885.367
9	Pemasangan Paving	m ³	27333,52	Rp97.950	Rp2.677.317.892
Jumlah					Rp35.716.058.618

7.3 BOQ dan RAB IPAL

BOQ IPAL terdiri dari Sumur Pengumpul, *Barscreen*, Bak Pengendap I, Unit Parit Oksidasi, dan Bak Pengendap II.

Tabel 7. 11 HSPK IPAL

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi (m ³)				
	Upah				
	Mandor	0,025	OH	Rp163.000	Rp4.075
	Tenaga Kasar	0,75	OH	Rp115.000	Rp86.250
	Jumlah				Rp90.325
	Nilai HSPK				Rp90.325
2	Pekerjaan Beton Bertulang 150 kg besi + bekisting (m ³)				
	Upah				
	Mandor	0,265	OH	Rp163.000	Rp43.195

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Kepala Tukang	0,262	OH	Rp153.000	Rp40.086
	Tukang	1,3	OH	Rp126.000	Rp163.800
	Tukang	0,275	OH	Rp126.000	Rp34.650
	Tukang	1,05	OH	Rp126.000	Rp132.300
	Pembantu Tukang	5,3	OH	Rp115.000	Rp609.500
	Jumlah				Rp1.023.531
	Bahan:				
	Semen PC 40 kg	8,4	Zak	Rp61.300	Rp514.920
	Pasir Cor	0,54	m ³	Rp260.000	Rp140.400
	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,81	m ³	Rp395.200	Rp320.112
	Besi Beton Polos	157,5	kg	Rp13.000	Rp2.047.500
	Paku Usuk	1,5	kg	Rp15.600	Rp23.400
	Kawat Beton	2,25	kg	Rp26.500	Rp59.625
	Kayu Meranti Bekisting	0,2	m ³	Rp3.484.400	Rp696.880
	Minyak Bekisting	0,4	liter	Rp30.100	Rp12.040
	Jumlah				Rp3.814.877
	Nilai HSPK				Rp4.838.408
3	Pemasangan Batu Kali Kosongan Tebal 20 cm				
	Upah:				
	Mandor	0,017	OH	Rp163.000	Rp2.771
	Kepala Tukang	0,015	OH	Rp153.000	Rp2.295
	Tukang	0,15	OH	Rp126.000	Rp18.900
	Pembantu Tukang	0,35	OH	Rp115.000	Rp40.250
	Jumlah				Rp64.216
	Bahan:				
	Batu Kali Belah 15/20 cm	1,2	m ³	Rp466.000	Rp559.200

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Jumlah:				Rp559.200
	Nilai HSPK				Rp623.416
4	Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1 m				
	Upah:				
	Mandor	0,0075	OH	Rp163.000	Rp1.223
	Pembantu Tukang	0,15	OH	Rp115.000	Rp17.250
	Jumlah				Rp18.473
	Nilai HSPK				Rp18.473
5	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek (m ³)				
	Upah:				
	Pembantu Tukang	0,25	OH	Rp115.000	Rp28.750
	Jumlah				Rp28.750
	Sewa Peralatan				
	Sewa Dump Truk	0,25	Jam	Rp71.900	Rp17.975
	Jumlah				Rp17.975
	Nilai HSPK				Rp46.725
6	Pekerjaan Beton K-225				
	Upah				
	Mandor	0,083	OH	Rp163.000	Rp13.529
	Kepala Tukang	0,028	OH	Rp153.000	Rp4.284
	Tukang	0,275	OH	Rp126.000	Rp34.650
	Pembantu Tukang	1,65	OH	Rp115.000	Rp189.750
	Jumlah				Rp242.213
	Bahan:				
	Semen PC 40 kg	9,275	Zak	Rp61.300	Rp568.558
	Pasir Cor	0,4363	m ³	Rp260.000	Rp113.438

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,5511	m ³	Rp395.200	Rp217.795
	Biaya Air	215	liter	Rp6	Rp1.290
	Jumlah				Rp901.080
	Nilai HSPK				Rp1.143.293
7	Pengurugan Pasir (PADAT)				
	Upah:				
	Mandor	0,01	OH	Rp163.000	Rp1.630
	Pembantu Tukang	0,3	OH i	Rp115.000	Rp34.500
	Jumlah				
	Bahan:				
	Pasir Urug	1,2	m ³	Rp187.200	Rp224.640
	Jumlah				Rp224.640
	Nilai HSPK				Rp259.140
8	Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos/Ulir)				
	Upah				
	Mandor	0,0004	OH	Rp163.000	Rp65
	Kepala Tukang	0,0007	OH	Rp153.000	Rp107
	Tukang	0,007	OH	Rp126.000	Rp882
	Pembantu Tukang	0,007	OH	Rp115.000	Rp805
	Jumlah				Rp1.859
	Bahan:				
	Besi Beton Polos	1,05	Zak	Rp13.000	Rp13.650
	Kawat Beton	0,015	m ³	Rp26.500	Rp398
	Jumlah				Rp14.048
	Nilai HSPK				Rp15.907
9	Pekerjaan Bekisting Sloof				
	Upah				

No.	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Mandor	0,026	Orang Hari	Rp163.000	Rp4.238
	Kepala Tukang	0,026	Orang Hari	Rp153.000	Rp3.978
	Tukang	0,26	Orang Hari	Rp126.000	Rp32.760
	Pembantu Tukang	0,52	Orang Hari	Rp115.000	Rp59.800
	Jumlah				Rp100.776
	Bahan:				
	Paku Usuk	0,3	Kg	Rp15.600	Rp4.680
	Kayu Meranti Bekisting	0,045	m ³	Rp3.484.400	Rp156.798
	Minyak Bekisting	0,1	Liter	Rp30.100	Rp3.010
	Jumlah				Rp164.488
	Nilai HSPK				Rp265.264

7.3.1 Sumur Pengumpul

Dimensi

H dari muka tanah ke muka sumur pengumpul = 322 m

(Bangunan digali tepat dimuka tanah)

Tebal plat dasar = 25 cm

Lebar Sepatu lantai = 25 cm

Tebal lantai kerja = 5 cm

Tebal pasir = 10 cm

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$= P \times L \times h$$

= (panjang SP + sepatu lantai) x (lebar SP + sepatu lantai) x
(tebal tutup + Kedalaman dari muka tanah ke muka sumur
pengumpul + tinggi SP + freeboard + tebal plat dasar + tebal
lantai kerja + tebal pasir)

$$=(1500+25+25) \times (1500+25+25) \times (322+400+25+25+25+5+10)$$

$$= 2911 \text{ m}^3$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$$= P \times L \times \text{tebal pasir}$$

$$= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal pasir})$$

$$= (1500+25+25) \times (1500+25+25) \times 10 = 24 \text{ m}^3$$

Pekerjaan beton K-225

beton lantai bangunan

$$= (\text{panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal lantai kerja} + \text{tebal plat dasar}) - \text{ruang pompa}$$

$$= (1500+25+25) \times (1500+25+25) \times (5 + 25) - (150 \times 50 \times 25)$$

$$= 71,8 \text{ m}^3$$

Beton dinding bangunan

$$= [(\text{panjang} \times 2) + (\text{lebar} \times 2)] \times \text{tebal dinding} \times \text{tinggi}$$

$$= [(1500 \times 2) + (1500 \times 2)] \times 25 \times 400$$

$$= 60 \text{ m}^3$$

Beton tutup bangunan

$$= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal tutup}$$

$$= 1500 \times 1500 \times 15 = 33,75 \text{ m}^3$$

Total volume beton bangunan

$$= \text{beton lantai} + \text{beton dinding} + \text{beton tutup}$$

$$= 71,8 + 60 + 33,75$$

$$= 165,5 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos) Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu 60 m^3 . Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 110 kg/m^3 , sehingga diperoleh berat besi sebagai berikut.

$$= \text{volume pembesian} \times \text{berat besi}$$

$$= 60 \times 110$$

$$= 6600 \text{ Kg}$$

Pekerjaan Bekisting Sloof

$$= [(\text{panjang} \times 2) + (\text{lebar} \times 2)] \times \text{kedalaman}$$

$$= [(1500 \times 2) + (1500 \times 2)] \times 400$$

$$= 2,4 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pompa

Pompa yang digunakan sebanyak 2 buah pada sumur pengumpul sebelum masuk menuju. Pekerjaan pipa Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 10 meter untuk 2 buah saluran. Panjang pipa per batang yaitu 4 meter, maka dibutuhkan sebanyak 4 buah pipa. Pipa yang digunakan dengan diameter 30 cm.

Tabel 7. 12 RAB Sumur Pengumpul

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	2911,00	Rp90.325	Rp262.936.075
2	Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	24,00	Rp259.140	Rp6.219.360
3	Pekerjaan Beton K-225	m ³	165,50	Rp242.213	Rp40.086.252
4	Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)	kg	6600,00	Rp15.907	Rp104.984.880
5	Pekerjaan bekisting sloof	m ³	2,4	Rp265.264	Rp636.634
6	Pemasangan Pipa 6"	m	6	Rp262.744	Rp1.576.463
7	Pengadaan pompa	buah	2,00	Rp20.000.000	Rp40.000.000
Jumlah					Rp456.439.663

7.3.2 Barscreen

Barscreen direncanakan pada sumur pengumpul sebagai berikut

Tabel 7. 13 RAB Barscreen

No.	Uraian	Qty	Satuan	Harga Satuan	Harga
Barscreen					
3	Besi screen	1	set	Rp15.000.000	Rp15.000.000
Jumlah					Rp15.000.000

7.3.3 Bak Pengendap I

Direncanakan:

Jumlah unit BP I	= 2 unit
Panjang total BP I (L)	= 19,5 m (tanpa tebal beton)
Lebar total BP I (W)	= 6,5 m (tanpa tebal beton)
Kedalaman zona pengendapan (H)	= 3,3 m (dari muka tanah)
Kedalaman zona lumpur	= 3 m
Panjang atas zona lumpur (L')	= 6,5 m
Lebar atas zona lumpur (W')	= 6,5 m
Panjang bawah zona lumpur (L'')	= 4 m
Lebar bawah zona lumpur (W'')	= 4 m
Tinggi <i>perforated baffle</i>	= 3,3 m
Lebar <i>perforated baffle</i>	= 6,5 m
Tebal beton (tb)	= 0,2 m

Perhitungan:

Menentukan volume galian tanah pada zona pengendapan dan lumpur

$$\begin{aligned}
 V_{\text{galian zona pengendapan}} &= (P + 2 \times tb) \times (L + 2 \times tb) \times (H + tb) \\
 &= (19,5 + 2 \times 0,2) \times (6,5 + 2 \times 0,2) \times (3,3 + 0,2) \\
 &= 480,5 \text{ m}^3 \\
 V_{\text{galian zona lumpur}} &= \frac{1}{3} \times (H + 0,2) \times ((L' + 0,4) \times (W' + 0,4)) + \\
 &\quad ((L'' + 0,4) \times (W'' + 0,4)) + (\sqrt{A'} \times A'') \\
 &= \frac{1}{3} \times 3 \times (47,61 + 19,36 + 30,36) \\
 &= 97,33 \text{ m}^3 \\
 V_{\text{galian saluran pembawa}} &= (P + 2 \times tb) \times (L + 2 \times tb) \times ((H) + tb) \\
 &= (5 + 2 \times 0,2) \times (0,4 + 2 \times 0,2) \times (0,4 + 0,2) \\
 &= 4,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Menentukan volume kebutuhan beton

$$\begin{aligned}
 V_{\text{galian zona pengendap tanpa beton}} &= P \times L \times H \\
 &= 19,5 \times 6,5 \times 3,5 \\
 &= 443,6 \text{ m}^3 \\
 V_{\text{beton zona pengendap}} &= V_{\text{galian total}} - V_{\text{galian tanpa beton}} \\
 &= 480,5 \text{ m}^3 - 443,6 \text{ m}^3 \\
 &= 36,9 \text{ m}^3/\text{unit} \\
 V_{\text{beton baffle}} &= (100\% - 60\%) \times P \times H \times tb \\
 &= 40\% \times 19,5 \times 3,3 \times 0,2 \\
 &= 5,1 \text{ m}^3/\text{unit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{galian zona lumpur tanpa beton}} + (\sqrt{A' \times A''}) &= 1/3 \times (H) \times ((L' \times W') + (L'' \times W'')) \\
 &= 1/3 \times 3 \times (42,25 + 16 + 26) \\
 &= 84,25 \text{ m}^3 \\
 V_{\text{beton zona lumpur beton}} &= V_{\text{galian zona lumpur total}} - V_{\text{galian tanpa beton}} \\
 &= 97,33 \text{ m}^3 - 84,25 \text{ m}^3 \\
 &= 13 \text{ m}^3 \\
 V_{\text{saluran pembawa tanpa beton}} &= P \times L \times H \\
 &= 5 \times 0,4 \times 0,4 \\
 &= 0,8 \text{ m}^3 \\
 V_{\text{beton saluran pembawa}} &= V_{\text{galian saluran pembawa total}} - V_{\text{galian}} \\
 &= 4,5 \text{ m}^3 - 0,8 \text{ m}^3 = 3,7 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 7. 14 RAB Bak Pengendap II

No	Uraian	Total	Satuan	Harga Satuan	Harga
Zona Pengendap					
1	Volume beton	73,8	m ³	Rp4.838.408	Rp357.074.510
2	Volume galian	961	m ³	Rp90.325	Rp86.802.325
Zona Lumpur					
1	Volume beton	26	m ³	Rp4.838.408	Rp125.798.608
2	Volume galian	194,6	m ³	Rp90.325	Rp17.577.245
2	Pipa lumpur Ø 150 mm	2	m	Rp262.744	Rp525.488
3	Pompa penguras lumpur	2	buah	Rp10.000.000	Rp20.000.000
4	Aksesoris pipa	2	set	Rp100.000	Rp200.000
Perforated Baffle					
1	Volume Beton	10,2	m ³	Rp4.838.408	Rp49.351.762
Saluran Pembawa					
1	Volume Beton	7,4	m ³	Rp4.838.408	Rp35.804.219
2	Penggalian	9	m ³	Rp90.325	Rp812.925
Jumlah					Rp693.947.082

7.3.4 Unit Parit Oksidasi

Direncanakan:

Jumlah unit OD	= 2 unit
Panjang total Ditch (L')	= 59,13 m (tanpa tebal beton)
Lebar atas Oxidation Ditch (W')=	4 m (tanpa tebal beton)
Lebar bawah Oxidation Ditch (W'')	2 m (tanpa tebal beton)
Kedalaman OD	= 2 m (dari muka tanah)
Panjang pipa inlet	= 5 m
Panjang pipa outlet	= 40 m

Perhitungan:

Menentukan volume galian tanah pada Bak *Oxidation Ditch*

$$\begin{aligned}V_{\text{galian ditch}} &= 1/3 \times (H + 0,4) \times (((L') \times (W' + 0,4)) + ((L') \times (W'' + 0,4)) \\ &+ (\sqrt{A' \times A''})) \\ &= 1/3 \times 2,4 \times (260,1 + 141,9 + 192,1) \\ &= 475,2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{galian pipa inlet}} &= P \times L \times H \\ &= 40 \times 0,15 \times 1 \\ &= 6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{galian pipa outlet}} &= P \times L \times H \\ &= 40 \times 0,15 \times 1 \\ &= 6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menentukan volume kebutuhan batu kali

$$\begin{aligned}V_{\text{galian bak OD tanpa batu kali}} &= 1/3 \times (H) \times (((L') \times (W')) + ((L') \times (W'')) + \\ &(\sqrt{A' \times A''})) \\ &= 1/3 \times 2 \times (236,5 + 118,26 + 167,2) \\ &= 347 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{batu kali Bak OD}} &= V_{\text{galian total}} - V_{\text{galian tanpa batu kali}} \\ &= 475,2 \text{ m}^3 - 347 \text{ m}^3 \\ &= 127 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Tabel 7. 15 RAB Parit Oksidasi

No.	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)
Unit Parit Oksidasi					
1	Penggalian	950,2	m ³	Rp90.325	Rp85.826.815
2	Batu Kali	254	m ³	Rp623.416	Rp158.347.664
3	Mammoth Rotor	2	buah	Rp60.000.000	Rp120.000.000
4	Jembatan Mammoth	2	buah	Rp2.000.000	Rp4.000.000
5	Pipa resirkulasi Ø 150 mm	100	m	Rp262.744	Rp26.274.380
6	Aksesoris pipa	2	set	Rp450.000	Rp900.000
Saluran Pembagi inlet					
1	Penggalian	6	m ³	Rp90.325	Rp1.083.900
2	Pipa Ø 150 mm	10	m	Rp262.744	Rp2.627.438
Saluran Pembawa outlet					
1	Penggalian	6	m ³	Rp90.325	Rp1.083.900
2	Pintu Air	2	m ³	Rp1.000.000	Rp2.000.000
3	Pipa Ø 150 mm	80	m	Rp262.744	Rp21.019.504
Jumlah					Rp423.163.601

7.3.5 Bak Pengendap IIDirencanakan:Jumlah unit *clarifier* = 2 buahDiameter *clarifier* = 12,8 meterKedalaman *clarifier* = 3,1 meter

Tebal beton = 0,2 meter

Perhitungan:

a. Menentukan volume galian tanah

$$\begin{aligned}
 V_{\text{galian tanah total}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D_{\text{clarifier}} + 2 \times tb)^2 \times (H + tb) \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (12,8 + 2 \times 0,2)^2 \times (3,1 + 0,2) \\
 &= 451,3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

b. Menentukan volume beton

$$\begin{aligned} V_{\text{galian tanah tanpa beton}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_{\text{clarifier}}^2 \times H \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 12,8^2 \times 3,1 \\ &= 398,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{beton}} &= V_{\text{galian tanah total}} - V_{\text{galian tanah tanpa beton}} \\ &= 451,3 \text{ m}^3 - 398,7 \text{ m}^3 = 52,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 7. 16 RAB Bak Pengendap II

No.	Uraian	Qty	Satuan	Harga Satuan	Harga
Bak Pengendap II					
1	Volume beton	105	m ³	Rp4.838.408	Rp508.032.840
2	Volume galian	902,6	m ³	Rp90.325	Rp81.527.345
3	Jembatan kontrol dan <i>scraper</i>	2	buah	Rp15.000.000	Rp30.000.000
Outlet					
1	<i>Gate valve</i>	4	buah	Rp1.000.000	Rp4.000.000
2	<i>Elbow 90°</i>	4	buah	Rp500.000	Rp2.000.000
3	Pipa galvanis Ø 200 mm / 4 m	10	m	Rp262.744	Rp2.627.438
4	Pompa Lumpur	2	buah	Rp15.000.000	Rp30.000.000
5	Pipa peSnguras lumpur Ø 200 mm / 4 m	10	m	Rp262.744	Rp2.627.438
Jumlah					Rp660.815.061

7.3.6 Desinfeksi

Unit desinfeksi pada perencanaan ini menggunakan profil tank berukuran 400 L untuk 2 bak pembubuh dan 1 bak pelarut seperti pada Tabel 7.17.

Tabel 7. 17 RAB Desinfeksi

No.	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan	Harga
Desinfeksi					
1	Profil Tank 400 Liter	3	Unit	Rp1.000.000	Rp3.000.000
2	Dosing Pump	1	Unit	Rp5.000.000	Rp5.000.000
Jumlah					Rp8.000.000

7.3.7 Thickener

Direncanakan:

Jumlah unit *thickener*= 2 buah

Diameter *thickener* = 6,59 meter

Kedalaman *thickener*= 3,88 meter

Tebal beton = 0,2 meter

Perhitungan:

c. Menentukan volume galian tanah

$$\begin{aligned}
 V_{\text{galian tanah total}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D_{\text{thickener}} + 2 \times \text{tb})^2 \times (H + \text{tb}) \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (6,59 + 2 \times 0,2)^2 \times (3,88 + 0,2) \\
 &= 156,4 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

d. Menentukan volume beton

$$\begin{aligned}
 V_{\text{galian tanah tanpa beton}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_{\text{thickener}}^2 \times H \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 6,59^2 \times 3,88 \\
 &= 132,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{beton}} &= V_{\text{galian tanah total}} - V_{\text{galian tanah tanpa beton}} \\
 &= 156,4 \text{ m}^3 - 132,2 \text{ m}^3 = 24,1 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 7. 18 RAB *Thickener*

No.	Uraian	Qty	Satuan	Harga Satuan	Harga
<i>Thickener</i>					
1	Volume beton	48,2	m ³	Rp4.838.408	Rp233.211.266
2	Volume galian	312,8	m ³	Rp90.325	Rp28.253.660
3	Jembatan kontrol dan <i>scraper</i>	2	buah	Rp15.000.000	Rp30.000.000
<i>Outlet</i>					
1	<i>Gate valve</i>	4	buah	Rp1.000.000	Rp4.000.000
2	<i>Elbow 90°</i>	4	buah	Rp500.000	Rp2.000.000
3	Pipa galvanis ø 200 mm / 4 m	10	m	Rp262.744	Rp2.627.438
4	Pompa Lumpur	2	buah	Rp15.000.000	Rp30.000.000
5	Pipa penguras lumpur ø 200 mm / 4 m	10	m	Rp262.744	Rp2.627.438
Jumlah					Rp332.719.802

7.3.8 *Sludge Drying Bed*Direncanakan:

Jumlah unit	= 4 unit
Panjang (P)	= 23,4 m
Lebar (L)	= 11,7 m
H total	= 1,2 m
Hfilter kerikil	= 0,3 m
Hfilter pasir	= 0,3 m
Tebal beton (tb)	= 0,2 m

Perhitungan:

a. Menentukan volume galian tanah

$$\begin{aligned}
 V_{\text{galian tanah total}} &= (P + 2 \times tb) \times (L + 2 \times tb) \times (H + tb) \\
 &= (23,4 + 2 \times 0,2) \times (11,7 + 2 \times 0,2) \times (1,2 + 0,2) \\
 &= 403,17 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

b. Menentukan volume beton

$$\begin{aligned} V_{\text{galian tanah tanpa beton}} &= P \times L \times H \\ &= 23,4 \times 11,7 \times 1,2 \\ &= 328,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{beton}} &= V_{\text{galian tanah total}} - V_{\text{galian tanah tanpa beton}} \\ &= 403,17 \text{ m}^3 - 328,5 \text{ m}^3 \\ &= 75,16 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Menentukan volume media filter

$$\begin{aligned} V_{\text{media pasir}} &= P \times L \times H_{\text{filter pasir}} \\ &= (23,4 \times 11,7 \times 0,3) \text{ m}^3 \\ &= 82,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{media kerikil}} &= P \times L \times H_{\text{filter kerikil}} \\ &= (23,4 \times 11,7 \times 0,3) \text{ m}^3 \\ &= 82,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 7. 19 RAB *Sludge Drying Bed*

No.	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan	Harga
<i>Sludge Drying Bed</i>					
1	Volume Galian	1612,68	m ³	Rp90.325	Rp145.665.321
2	Volume Beton	300,64	m ³	Rp4.838.408	Rp1.454.618.981
3	Media Pasir	328,4	m ³	Rp112.359	Rp36.898.696
4	Media Kerikil	21,87	m ³	Rp328.950	Rp7.194.137
5	Pipa Inlet	50	m ³	Rp85.808	Rp4.290.400
6	Pipa Underdrain	100	m ³	Rp27.158	Rp2.715.800
7	Elbow	4	set	Rp1.000.000	Rp4.000.000
Jumlah					Rp1.655.383.334

RAB IPAL

Rencana anggaran biaya untuk kebutuhan unit IPAL disesuaikan dengan Harga Satuan Pokok Kegiatan Kota Surabaya 2017 disajikan pada Tabel 7.20

Tabel 7. 20 RAB Unit IPAL Total

No	Uraian	Harga
1	Sumur Pengumpul	Rp456.439.663
2	Barscreen	Rp15.000.000
3	Bak Pengendap I	Rp693.947.082
4	Parit Oksidasi	Rp423.163.601
5	Bak Pengendap II	Rp660.815.061
6	Desinfeksi	Rp8.000.000
7	<i>Thickener</i>	Rp332.719.802
8	<i>Sludge Drying Bed</i>	Rp1.655.383.334
Jumlah		Rp4.245.468.543

7.4 Total RAB SPAL dan IPAL

Perhitungan diatas kemudian ditotalkan biaya pembanguna SPAL, bangunan pelengkap, dan IPAL disajikan pada Tabel 7.21.

Tabel 7. 21 Total RAB SPAL dan IPAL

No	Uraian	Harga
1	SPAL	Rp35.211.726.331
2	Bangunan Pelengkap	Rp30.791.775.193
3	IPAL	Rp4.245.468.543
Jumlah		Rp70.248.970.066

Total biaya yang harus dikeluarkan pada perencanaan SPAL dan IPAL di Kelurahan Bulak Banteng membutuhkan biaya Rp 70.248.970.066 rupiah. Biaya ini dijadikan biaya investasi awal pada pembangunan SPAL dan IPAL.

7.5 Biaya Operasional

Biaya opsional dihitung sebagai biaya yang dikeluarkan untuk pengoprasian dan pemeliharaan IPAL. Biaya operasional

sepenuhnya dibebankan kepada masyarakat dalam bentuk biaya retribusi yang dirancang berdasarkan prinsip keadilan, keterjangkauan, dan mutu pelayanan sehingga masyarakat turut berperan serta dalam kontribusinya dikepedulian terhadap lingkungan. Berikut adalah rincian pengeluaran biaya operasional disajikan pada Tabel 7.22.

Tabel 7. 22 Biaya Operasional SPAL dan IPAL

No	Uraian	Biaya	Total biaya / bulan
1	Penggelontoran / hari	Rp300.000	Rp9.000.000
2	Pemeriksaan sampel / bulan	Rp1.000.000	Rp1.000.000
3	Operasional pompa / hari	Rp100.000	Rp3.000.000
4	Perawatan taman / hari	Rp50.000	Rp1.500.000
5	Biaya personil ahli (2) / bulan	Rp4.500.000	Rp9.000.000
6	Biaya personil (3) / bulan	Rp3.583.312	Rp10.749.936
7	Pemeliharaan kantor / hari	Rp50.000	Rp150.000
8	Biaya listrik PLN / bulan	Rp10.000.000	Rp10.000.000
9	Pemeliharaan unit IPAL / hari	Rp150.000	Rp4.500.000
	Jumlah		Rp48.899.936
	Retribusi per KK		Rp5.869

Perhitungan diatas didapatkan rata-rata biaya retribusi sebesar Rp 5.869 rupiah. maka setiap keluarga akan dikenakan biaya retribusi per bulan sebesar Rp 6.000 rupiah.

7.6 Analisis Ekonomi

Pada analisis ekonomi perencanaan SPAL dan IPAL Kelurahan Bulak Banteng dihitung menggunakan *benefit-cost ratio analysis* yang merupakan metode untuk membandingkan manfaat (*benefit*) dan dana yang dibutuhkan (*cost*). Skema pendanaan yang digunakan pada perencanaan SPAL dan IPAL Kelurahan Bulak Banteng adalah investasi dari pemerintah daerah tanpa adanya pengembalian dari dana investasi yang dikeluarkan, namun biaya operasional dan pemeliharaan dibebankan kepada

masyarakat sehingga analisis ekonomi ini memperhitungkan kelayakan dari manfaat yang dihasilkan dengan biaya yang dikeluarkan.

Manfaat yang diperoleh pada perencanaan adalah biaya retribusi, pemanfaatan lumpur tinja sebagai pupuk, biaya kesehatan, kenaikan kinerja/ produktivitas, subsidi obat, dan perbaikan lingkungan.

- Biaya retribusi

Biaya retribusi yang dibayarkan masyarakat sebesar Rp 6.000,00 per bulan, maka total benefit dari retribusi yang didapatkan pertahunnya

$$\begin{aligned}\text{Benefit} &= \text{Jumlah SR} \times \text{biaya retribusi (bulan)} \times 12 \text{ bulan} \\ &= 8858 \text{ SR} \times \text{Rp } 6.000,00 \times 12 \\ &= \text{Rp } 637.766.413,00 / \text{tahun}\end{aligned}$$

- Pemanfaatan lumpur tinja sebagai pupuk

IPAL Kelurahan Bulak Banteng memiliki pengolahan lumpur yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk. Jumlah lumpur yang dihasilkan IPAL sebesar 10.668.416 kg/tahun. Berdasarkan harga pasar pupuk organik dipasaran Rp 500,00 /kg maka nilai manfaat dari pengolahan lumpur menjadi pupuk adalah Rp 5.344.208.392 /tahun.

- Biaya kesehatan

Biaya kesehatan yang didapatkan dari manfaat IPAL Bulak Banteng adalah Rp 50.000,00 /orang.tahun. Total benefit yang didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Benefit} &= \text{Jumlah jiwa} \times \text{biaya kesehatan} \\ &= 32.597 \text{ jiwa} \times \text{Rp } 50.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.629.847.500,00 / \text{tahun}\end{aligned}$$

- Kenaikan kinerja/ produktivitas

Perencanaan IPAL Kelurahan Bulak Banteng menaikkan kinerja dari masyarakat karena kualitas lingkungan yang semakin terjaga. Kenaikan kinerja yang didapatkan sebesar Rp 100.000,00/ orang.tahun. Total benefit yang didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Benefit} &= \text{Jumlah jiwa} \times \text{biaya kenaikan kinerja} \\ &= 32.597 \text{ jiwa} \times \text{Rp } 100.000,00 \\ &= \text{Rp } 3.259.695.000,00 / \text{tahun}\end{aligned}$$

- Subsidi obat

Jumlah subsidi obat yang dibutuhkan dengan adanya IPAL Kelurahan Bulak Banteng menjadi berkurang karena jumlah penderita penyakit diare dan demam berdarah yang menurun. Biaya subsidi obat yang dibutuhkan setiap tahunnya Rp 60.000,00/orang.tahun. Total benefit yang didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Benefit} &= \text{Jumlah jiwa} \times \text{biaya subsidi obat} \\ &= 32.597 \text{ jiwa} \times \text{Rp } 60.000,00 \\ &= \text{Rp } 2.444.771.250,00 / \text{tahun}\end{aligned}$$

- Perbaikan Lingkungan

Biaya perbaikan lingkungan yang ditimbulkan dengan adanya IPAL Bulak Banteng sebesar Rp 10.000,00 /m². Total benefit yang didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Benefit} &= \text{Luas} \times \text{biaya perbaikan lingkungan} \\ &= 2670000 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 10.000,00 \\ &= \text{Rp } 26.700.000.000,00 / \text{tahun}\end{aligned}$$

Perhitungan analisis *benefit-cost ratio* dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Hasil manfaat dan biaya yang dikeluarkan dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{PV \text{ cash inflows}}{PV \text{ cash outflow}}$$

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{\text{Rp } 491.935.970.312,00}{\text{Rp } 9.688.648.308} = 50,7$$

Perhitungan diatas menunjukkan nilai *benefit-cost ratio* perencanaan SPAL dan IPAL Kelurahan Bulak Banteng sebesar 50,7. Hal ini menunjukkan bahwa proyek layak dilaksanakan karena nilai *benefit-cost ratio* > 1.

BAB 8

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan ini antara lain.

1. Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah
 - a. Daerah pelayanan yaitu Kelurahan Bulak Banteng, Kota Surabaya yang memiliki luas wilayah 2,67 km² dengan jumlah penduduk terlayani diproyeksi hingga tahun 2040 sesuai Peta Rencana Pola Ruang Kota Surabaya sebesar 38.974 jiwa.
 - b. Sistem Penyaluran Air Limbah menggunakan *shallow sewer* yang dapat mengangkut *blackwater* dan *greywater*.
 - c. Biaya yang diperlukan pada perencanaan SPAL sebesar Rp 66.003.501.524,00
2. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah
 - a. Unit IPAL yang digunakan antara lain *Barscreen*, Sumur Pengumpul, Bak Pengendap I, Unit Parit Oksidasi, Bak Pengendap II, dan Desinfeksi.
 - b. Penanganan lumpur yang dihasilkan IPAL menggunakan unit *Thickener* dan *Sludge Drying Bed*.
 - c. Biaya yang diperlukan pada perencanaan IPAL sebesar Rp 4.245.468.543,00
3. Analisis Ekonomi
 - a. Perencanaan SPAL dan IPAL Kelurahan Bulak Banteng memiliki nilai *benefit-cost ratio* sebesar 50,7 sehingga layak dilaksanakan karena manfaat yang dihasilkan lebih banyak dari pengeluaran.

8.2 Saran

Saran yang dapat diberikan setelah dilakukan perencanaan antara lain.

1. Perlu adanya sosialisasi lebih lanjut agar 100% masyarakat di Kelurahan Bulak Banteng setuju air limbahnya dikelola secara bersama-sama.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Aidun, B. 2013. *Standard and Guidelines for Minicipal Waterworks, Wastewater, and Storm Drainage Systems*. Edmonton: Alberta Queen's Printer.
- American Concreate Pipe Association. 2012. *Manning's n Values History of Research*.
- Angelakis, A. N. dan Snyder, S. A. 2015. Wastewater Treatment and Reuse: Past, Present, and Future. *Journal of Water*, 7, hal. 4887-4895.
- Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional. 2014. *Seri Pendidikan Kependudukan*.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2016. *Kecamatan Kenjeran Dalam Angka 2016*.
- Chabal, L. dan Stanko, S. 2015. Sewerage Pumping Station Optimization Under Real Conditions. *The Journal of VŠB-Technical University of Ostrava*, 60 (6), hal. 19-28.
- Dinas Kesehatan Kota Surabaya. 2015. *Studi Environmental Health Risk Assessment (EHRA)*.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2009. *Profil Kesehatan Indonesia*. Jakarta: Depertemen Republik Indonesia.
- Ducoste, J. J., Keener, K. M., Groninger, J. W., Holt, L. M. 2008. *Assessment of Grease Interceptor Performance*. London: IWA Publishing.
- Eckenfelder, W. W., Patoczka, J. B., Pulliam, G. W. 1988. *Anaerobic vs Aerobic Treatment in The U.S.A*. Nashville: WARE Incorporated.
- Fair, G. M. dan Geyer, J. C., 1971. *Water Supply and Wastewater Disposal*. New York: John Wiley & Sons.
- Hoelmann, M. B., Parhusip, B. T. P., Eko, S., Bahagijo, S., Santono, H. 2015. *Panduan SDGs untuk Pemerintah Daerah (Kota dan Kabupaten) dan Pemangku Kepentingan Daerah*. Jakarta: INFID.
- Imam, E. H. dan Elnakar, H. Y. 2014. Design Flow Factors for Sewerage System in Small Arid Communities. *Journal of Advanced Research*, 5 (5), hal. 537-548.

- Iskandar, S., Fransisca, I., Arianto, E., Ruslan, A. 2016. *Buku 3 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik-Terpusat Skala Permukiman*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2017. *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2016*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. *Perencanaan Pengelolaan Air Limbah dengan Sistem Terpusat*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. *Rencana Strategis Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2016. *Buku 3 Pembangunan Infrastruktur SANIMAS IDB*.
- Ledin, A., Eriksson, E., Henze, M. 2001. *Aspects of Groundwater Recharge Using Grey Wastewater*. London: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.
- Makisha, N. 2016. Restoration and Renovation of Wastewater Pumping Stations in Case of Emergency. *Procedia Engineering*. ISC '16.
- Mara, D. 2004. *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. London: Earthscan.
- Montes, C., Bohorquez, J., Borda, S., Saldarriaga, J. 2017. "Criteria of Minimum Shear Stress vs. Minimum Velocity for Self-cleaning Sewer Pipes Design". *Procedia Engineering*. WDSA '16.
- Morel, A. dan Diener, S. 2006. *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Household or Neighbourhoods*. Dübendorf: Swiss Federal Institut of Aquatic Science. Department of Water and Sanitation in Developing Countries.
- National Pump & Energy. 2018 *Pumping Terminology*, <URL: <http://www.nationalpump.com.au/calculators/pumping-terminology/>>.
- Otis, R. J. dan Mara, D. D. 1985. *The Design of Small Bore Sewer Systems*. Washington: United Nations Development Programme.
- Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 12 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Air Limbah.

- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 04 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air limbah Domestik.
- Sasse, L. 1998. *Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Bremen: BORDA.
- SNI Nomor 6989.59 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.
- Soedjono, E. S., Wibowo, T., Saraswati, S. S., Keetelaar, C. 2010. *Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi*.
- Sperling, V. S. 2007. *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. London: IWA Publishing.
- Systems, B., Walski, T. M., Barnard, T. E., Harold, E., Merritt, L. B., Walker, N., Whitman, B. E. 2007. *Wastewater Collection System Modeling and Design*. Exton: Bentley Institue Press.
- Tchobanoglous, G. 1981. *Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater*. New York: McGraw-Hill.
- Tchnobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., Burton, F. 2014. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Zurbrügg, C. 2014. *Compendium of Sanitation Systems and Technologies, 2nd Revised Edition*. Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG).
- United Nations Centre for Human Settlements. 1986. *The Design of Shallow Sewer Systems*.
- United Nations-Habitat. 2014. *Realising The Human Rights to Water and Sanitation: A Handbook by The UN Special Rapporteur Catarina de Albuquerque*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

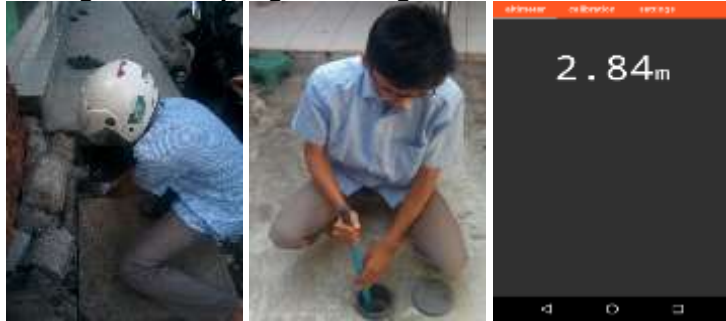
BIOGRAFI PENULIS



Iqbal Fahmi Darmawan dilahirkan di Bogor pada tanggal 22 November 1995 sebagai anak sulung dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Polisi 4 Kota Bogor pada tahun 2002 – 2008, SMP Negeri 1 Kota Bogor pada tahun 2008 – 2011, dan SMA Negeri 1 Kota Bogor. Penulis kemudian melanjutkan program sarjana di Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 03211440000032.

Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan organisasi mahasiswa. Penulis tercatat sebagai anggota aktif Hiimpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) sebagai staff AI-Kaun 15/16 dan staff kewirausahaan 15/16. Penulis juga aktif di JMMI ITS sebagai staff kaderisasi dan menjabat sebagai Kepala Divisi Komunikasi dan Informasi AI-Kaun 16/17. Informasi lebih lanjut tentang penulis dapat dihubungi melalui e-mail iqbalfahmidarmawan@gmail.com

1. Kegiatan Sampling dan Pengukuran Elevasi



2. Dokumentasi Kegiatan Survei Masyarakat





3. Kegiatan Wawancara di Kantor Kelurahan Bulak Banteng



Tabel Dimensi Zona 1

No	Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata- rata (m³/hari)	Qpeak (m³/hari)	Qmin (m³/hari)	d/D	Qpeak/ Qfull	Qfull (m³/hari)	n	D Hitung (m)	D Apply (m)	Qfull (m³/s)	Vfull (m/s)	Qmin/ Qfull	Dmin /D	Vmin /Vfull	Vmin (m/s)	Q Gelontor (m³)
BLOK 1																		
1	A99-A44	0,004	84,9	201,25	15,85	0,8	0,975	206,41	0,012	0,09	0,104	0,004	0,5	0,05	0,15	0,48	0,22	2,4
2	A92-A69	0,006	42,5	100,63	6,90	0,8	0,975	103,21	0,012	0,06	0,104	0,005	0,6	0,02	0,12	0,44	0,25	1,5
3	A81-A71	0,006	29,7	70,44	4,50	0,8	0,975	72,24	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,12	0,44	0,25	0,5
4	A82-A72	0,006	29,7	70,44	4,50	0,8	0,975	72,24	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,12	0,44	0,25	0,6
5	A89-A73	0,006	38,2	90,56	6,08	0,8	0,975	92,89	0,012	0,06	0,104	0,005	0,6	0,01	0,12	0,44	0,25	1,3
6	A93-A74	0,006	72,2	171,06	13,04	0,8	0,975	175,45	0,012	0,08	0,104	0,005	0,6	0,03	0,14	0,46	0,26	1,3
7	B2-A96	0,006	29,7	70,44	4,50	0,8	0,975	72,24	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,12	0,44	0,25	0,5
8	B3-A96	0,006	29,7	70,44	4,50	0,8	0,975	72,24	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,12	0,44	0,25	0,5
9	A83-A87	0,006	38,2	90,56	6,08	0,8	0,975	92,89	0,012	0,06	0,104	0,005	0,6	0,01	0,12	0,44	0,25	0,6
10	A96-A75	0,002	127,4	301,88	25,79	0,8	0,975	309,62	0,012	0,11	0,152	0,008	0,4	0,04	0,15	0,48	0,20	1,2
BLOK 2																		
1	A44-A1	0,006	31,0	73,42	4,73	0,8	0,975	75,31	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,9
2	A68-A2	0,006	39,8	94,40	6,39	0,8	0,975	96,82	0,012	0,06	0,104	0,005	0,6	0,02	0,10	0,40	0,23	2,6
3	A3-A6	0,006	35,4	83,91	5,55	0,8	0,975	86,06	0,012	0,06	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,3
4	A7-A8	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,3
5	A9-A10	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,3
6	A11-A12	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,4
7	A20-A27	0,006	8,9	20,98	1,05	0,8	0,975	21,52	0,012	0,03	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,3
8	A32-A27	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,2
9	A19-A26	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,3
10	A26-A31	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,2
11	A18-A25	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,2

No	Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata- rata (m³/hari)	Qpeak (m³/hari)	Qmin (m³/hari)	d/D	Qpeak/ Qfull	Qfull (m³/hari)	n	D Hitung (m)	D Apply (m)	Qfull (m³/s)	Vfull (m/s)	Qmin/ Qfull	Dmin /D	Vmin /Vfull	Vmin (m/s)	Q Gelontor (m³)
12	A35-A25	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,2
13	A40-A24	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,2
14	A17-A24	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,2
15	A30-A23	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,3
16	A16-A23	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,2
17	A14-A22	0,006	13,3	31,47	1,71	0,8	0,975	32,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,2
18	A29-A22	0,006	17,7	41,96	2,42	0,8	0,975	43,03	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,3
19	A27-A21	0,006	159,3	377,60	33,73	0,8	0,975	387,28	0,012	0,10	0,104	0,005	0,6	0,08	0,17	0,54	0,31	0,5
20	A33-A28	0,006	17,7	41,96	2,42	0,8	0,975	43,03	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,0
21	A41-A39	0,006	26,6	62,93	3,93	0,8	0,975	64,55	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,5
22	A42-A38	0,006	31,0	73,42	4,73	0,8	0,975	75,31	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,3
23	A69-A45	0,006	31,0	73,42	4,73	0,8	0,975	75,31	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,7
24	A49-A48	0,006	31,0	73,42	4,73	0,8	0,975	75,31	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,8
BLOK 3																		
1	A49-A48	0,004	70,0	165,91	12,57	0,8	0,975	170,16	0,012	0,08	0,104	0,004	0,5	0,04	0,12	0,44	0,20	1,7
2	A51-A50	0,004	39,4	93,32	6,30	0,8	0,975	95,72	0,012	0,06	0,104	0,004	0,5	0,02	0,10	0,64	0,30	1,8
3	A57-A52	0,004	48,1	114,06	8,02	0,8	0,975	116,99	0,012	0,07	0,104	0,004	0,5	0,02	0,12	0,68	0,31	1,8
4	A59-A58	0,004	48,1	114,06	8,02	0,8	0,975	116,99	0,012	0,07	0,104	0,004	0,5	0,02	0,12	0,68	0,31	1,7
5	A61-A60	0,004	52,5	124,43	8,90	0,8	0,975	127,62	0,012	0,07	0,104	0,004	0,5	0,03	0,12	0,72	0,33	1,7
6	A65-A62	0,005	52,5	124,43	8,90	0,8	0,975	127,62	0,012	0,07	0,104	0,004	0,5	0,02	0,12	0,72	0,37	1,6
7	A67-A66	0,005	43,8	103,69	7,15	0,8	0,975	106,35	0,012	0,06	0,104	0,004	0,5	0,02	0,10	0,40	0,21	1,7
8	A109-B4	0,005	39,4	93,32	6,30	0,8	0,975	95,72	0,012	0,06	0,104	0,004	0,5	0,02	0,10	0,40	0,21	1,7
9	B13-B12	0,005	43,8	103,69	7,15	0,8	0,975	106,35	0,012	0,06	0,104	0,004	0,5	0,02	0,10	0,40	0,21	1,7
BLOK 4																		
1	B13-B12	0,006	49,1	116,45	8,22	0,8	0,975	119,44	0,012	0,07	0,104	0,005	0,6	0,02	0,12	0,44	0,25	1,6

No	Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata- rata (m³/hari)	Qpeak (m³/hari)	Qmin (m³/hari)	d/D	Qpeak/ Qfull	Qfull (m³/hari)	n	D Hitung (m)	D Apply (m)	Qfull (m³/s)	Vfull (m/s)	Qmin/ Qfull	Dmin /D	Vmin /Vfull	Vmin (m/s)	Q Gelontor (m³)
2	B15-B14	0,006	53,2	126,16	9,05	0,8	0,975	129,39	0,012	0,07	0,104	0,005	0,6	0,02	0,12	0,44	0,25	1,6
3	B17-B16	0,006	53,2	126,16	9,05	0,8	0,975	129,39	0,012	0,07	0,104	0,005	0,6	0,02	0,12	0,44	0,25	1,6
4	B19-B18	0,006	40,9	97,04	6,61	0,8	0,975	99,53	0,012	0,06	0,104	0,005	0,6	0,02	0,10	0,40	0,23	1,7
5	B22-B21	0,006	12,3	29,11	1,56	0,8	0,975	29,86	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,6
6	B27-B26	0,006	12,3	29,11	1,56	0,8	0,975	29,86	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
7	B32-B31	0,006	12,3	29,11	1,56	0,8	0,975	29,86	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
8	B36-B35	0,006	16,4	38,82	2,20	0,8	0,975	39,81	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
9	B41-B40	0,006	16,4	38,82	2,20	0,8	0,975	39,81	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
10	B46-B45	0,006	16,4	38,82	2,20	0,8	0,975	39,81	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
11	B51-B50	0,006	16,4	38,82	2,20	0,8	0,975	39,81	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
12	B57-B56	0,006	16,4	38,82	2,20	0,8	0,975	39,81	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
13	B58-B55	0,006	20,5	48,52	2,88	0,8	0,975	49,77	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
14	B61-B60	0,006	20,5	48,52	2,88	0,8	0,975	49,77	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,8
15	B64-B63	0,006	20,5	48,52	2,88	0,8	0,975	49,77	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,8
16	B67-B66	0,006	12,3	29,11	1,56	0,8	0,975	29,86	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,8
17	B72-B71	0,006	20,5	48,52	2,88	0,8	0,975	49,77	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,8
BLOK 5																		
1	B21-B20	0,006	30,8	73,11	4,70	0,8	0,975	74,99	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,12	0,44	0,25	1,0
2	B26-B23	0,006	34,7	82,25	5,42	0,8	0,975	84,36	0,012	0,06	0,104	0,005	0,6	0,01	0,12	0,44	0,25	1,0
3	B31-B28	0,006	30,8	73,11	4,70	0,8	0,975	74,99	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,12	0,44	0,25	1,0
4	B35-B33	0,006	27,0	63,97	4,01	0,8	0,975	65,61	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,12	0,44	0,25	1,0
5	B40-B37	0,006	23,1	54,83	3,33	0,8	0,975	56,24	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,0
6	B45-B42	0,006	23,1	54,83	3,33	0,8	0,975	56,24	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,0
7	B50-B47	0,006	23,1	54,83	3,33	0,8	0,975	56,24	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,0
8	B55-B52	0,006	23,1	54,83	3,33	0,8	0,975	56,24	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,9

No	Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata- rata (m³/hari)	Qpeak (m³/hari)	Qmin (m³/hari)	d/D	Qpeak/ Qfull	Qfull (m³/hari)	n	D Hitung (m)	D Apply (m)	Qfull (m³/s)	Vfull (m/s)	Qmin/ Qfull	Dmin /D	Vmin /Vfull	Vmin (m/s)	Q Gelontor (m³)
9	B60-B59	0,006	23,1	54,83	3,33	0,8	0,975	56,24	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,9
10	B63-B62	0,006	23,1	54,83	3,33	0,8	0,975	56,24	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,9
11	B66-B65	0,006	23,1	54,83	3,33	0,8	0,975	56,24	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,8
12	B71-B68	0,006	23,1	54,83	3,33	0,8	0,975	56,24	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,8
13	B74-B73	0,006	15,4	36,56	2,05	0,8	0,975	37,49	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
14	B77-B76	0,006	15,4	36,56	2,05	0,8	0,975	37,49	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
15	B79-B78	0,006	15,4	36,56	2,05	0,8	0,975	37,49	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
16	B81-B80	0,006	15,4	36,56	2,05	0,8	0,975	37,49	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
17	B83-B82	0,006	15,4	36,56	2,05	0,8	0,975	37,49	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
BLOK 6																		
1	B88-B87	0,006	16,3	38,63	2,19	0,8	0,975	39,62	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,8
2	C4-C3	0,006	16,3	38,63	2,19	0,8	0,975	39,62	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
3	C6-C5	0,006	16,3	38,63	2,19	0,8	0,975	39,62	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
4	C8-C7	0,006	16,3	38,63	2,19	0,8	0,975	39,62	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
5	C16-CX15	0,006	16,3	38,63	2,19	0,8	0,975	39,62	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
6	C22-C21	0,006	13,0	30,91	1,67	0,8	0,975	31,70	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
7	C26-C25	0,006	13,0	30,91	1,67	0,8	0,975	31,70	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
8	C32-C31	0,006	13,0	30,91	1,67	0,8	0,975	31,70	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
9	C36-C35	0,006	13,0	30,91	1,67	0,8	0,975	31,70	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
10	C40-C39	0,006	13,0	30,91	1,67	0,8	0,975	31,70	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
11	C46-C45	0,006	13,0	30,91	1,67	0,8	0,975	31,70	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
12	C51-C50	0,006	13,0	30,91	1,67	0,8	0,975	31,70	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
13	C55-C54	0,006	13,0	30,91	1,67	0,8	0,975	31,70	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,5
14	C59-C58	0,006	13,0	30,91	1,67	0,8	0,975	31,70	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
15	C67-C70	0,006	13,0	30,91	1,67	0,8	0,975	31,70	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,2

No	Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata- rata (m³/hari)	Qpeak (m³/hari)	Qmin (m³/hari)	d/D	Qpeak/ Qfull	Qfull (m³/hari)	n	D Hitung (m)	D Apply (m)	Qfull (m³/s)	Vfull (m/s)	Qmin/ Qfull	Dmin /D	Vmin /Vfull	Vmin (m/s)	Q Gelontor (m³)
16	C66-C69	0,006	13,0	30,91	1,67	0,8	0,975	31,70	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,2
17	C65-C68	0,006	13,0	30,91	1,67	0,8	0,975	31,70	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,2
18	C70-C73	0,006	48,9	115,90	8,18	0,8	0,975	118,87	0,012	0,07	0,104	0,005	0,6	0,02	0,14	0,46	0,26	0,3
19	C64-C72	0,006	16,3	38,63	2,19	0,8	0,975	39,62	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,3
20	C71-C73	0,006	22,8	54,09	3,28	0,8	0,975	55,47	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,3
21	C76-C75	0,006	16,3	38,63	2,19	0,8	0,975	39,62	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,1
22	C75-C78	0,006	94,5	224,07	18,03	0,8	0,975	229,81	0,012	0,08	0,104	0,005	0,6	0,04	0,15	0,48	0,27	0,2
23	C77-C79	0,006	16,3	38,63	2,19	0,8	0,975	39,62	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
24	C80-C74	0,006	127,1	301,33	25,73	0,8	0,975	309,06	0,012	0,09	0,152	0,013	0,7	0,02	0,12	0,44	0,32	0,2
BLOK 7																		
1	B85-B84	0,006	16,2	38,29	2,16	0,8	0,975	39,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
2	B91-B90	0,006	12,1	28,72	1,53	0,8	0,975	29,46	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,4
3	B94-B100	0,006	12,1	28,72	1,53	0,8	0,975	29,46	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,4
4	B95-C1	0,006	8,1	19,15	0,94	0,8	0,975	19,64	0,012	0,03	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,4
5	C1-B89	0,006	32,3	76,58	4,97	0,8	0,975	78,55	0,012	0,06	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
6	C14-C13	0,006	16,2	38,29	2,16	0,8	0,975	39,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,7
7	C20-C17	0,006	16,2	38,29	2,16	0,8	0,975	39,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,0
8	C24-C23	0,006	16,2	38,29	2,16	0,8	0,975	39,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,0
9	C30-C27	0,006	16,2	38,29	2,16	0,8	0,975	39,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,0
10	C34-C33	0,006	16,2	38,29	2,16	0,8	0,975	39,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,1
11	C38-C37	0,006	16,2	38,29	2,16	0,8	0,975	39,27	0,012	0,04	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,1
12	C44-C41	0,006	20,2	47,86	2,83	0,8	0,975	49,09	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	1,1
13	C49-C48	0,006	20,2	47,86	2,83	0,8	0,975	49,09	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,8
14	C53-C52	0,006	20,2	47,86	2,83	0,8	0,975	49,09	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,6
15	C57-C56	0,006	20,2	47,86	2,83	0,8	0,975	49,09	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,5

No	Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata- rata (m ³ /hari)	Qpeak (m ³ /hari)	Qmin (m ³ /hari)	d/D	Qpeak/ Qfull	Qfull (m ³ /hari)	n	D Hitung (m)	D Apply (m)	Qfull (m ³ /s)	Vfull (m/s)	Qmin/ Qfull	Dmin /D	Vmin /Vfull	Vmin (m/s)	Q Gelontor (m ³)
16	C63-C60	0,006	20,2	47,86	2,83	0,8	0,975	49,09	0,012	0,05	0,104	0,005	0,6	0,01	0,10	0,40	0,23	0,2
17	C60-C41	0,006	197,9	469,07	43,76	0,8	0,975	481,10	0,012	0,11	0,152	0,013	0,7	0,04	0,15	0,48	0,35	0,9
18	C74-C81	0,005	40,4	95,73	6,50	0,8	0,975	98,18	0,012	0,06	0,104	0,004	0,5	0,02	0,12	0,40	0,21	1,3
PIPA MENUJU IPAL																		
1	C81-B84	0,004	403,9	957,29	103,01	0,8	0,975	981,83	0,012	0,15	0,190	0,020	0,7	0,06	0,16	0,50	0,35	0,8
2	B84-B20	0,003	789,5	1871,20	230,23	0,8	0,975	1919,18	0,012	0,21	0,238	0,031	0,7	0,09	0,17	0,54	0,38	1,8
3	C74-B71	0,003	326,0	772,65	79,65	0,8	0,975	792,46	0,012	0,15	0,152	0,009	0,5	0,10	0,15	0,48	0,25	0,8
4	B71-B20	0,003	735,5	1743,10	211,45	0,8	0,975	1787,79	0,012	0,20	0,238	0,031	0,7	0,08	0,17	0,54	0,38	2,8
5	B20-A48	0,002	2223,3	5269,18	797,47	0,8	0,975	5404,29	0,012	0,33	0,380	0,088	0,8	0,10	0,17	0,54	0,42	3,9
6	A48-A1	0,002	2665,9	6318,07	991,57	0,8	0,975	6480,07	0,012	0,36	0,380	0,088	0,8	0,13	0,19	0,58	0,45	6,4
7	A75-A1	0,004	424,6	1006,26	109,36	0,8	0,975	1032,06	0,012	0,16	0,190	0,020	0,7	0,06	0,16	0,50	0,35	3,3
8	A1-E3	0,005	3090,4	7324,33	1183,97	0,8	0,975	7512,14	0,012	0,32	0,380	0,139	1,2	0,10	0,16	0,50	0,61	-

Tabel Dimensi Zona 2

No	Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata- rata (m³/hari)	Qpeak (m³/hari)	Qmin (m³/hari)	d/D	Qpeak /Qfull	Qfull (m³/hari)	n	D Hitung (m)	D Apply (m)	Qfull (m³/s)	Vfull (m/s)	Qmin /Qfull	Dmin /D	Vmin /Vfull	Vmin (m/s)	Q Gelontor (m³)
BLOK 8																		
1	D3-D15	0,005	9,5	22,55	1,15	0,8	0,975	23,12	0,012	0,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,3
2	D4-D16	0,005	9,5	22,55	1,15	0,8	0,975	23,12	0,012	0,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4
3	D5-D17	0,005	20,1	47,60	2,81	0,8	0,975	48,82	0,012	0,05	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,5
4	D15-D20	0,004	39,1	92,69	6,25	0,8	0,975	95,06	0,012	0,06	0,104	0,004	0,5	0,02	0,12	0,44	0,20	0,6
5	D6-D5	0,005	9,5	22,55	1,15	0,8	0,975	23,12	0,012	0,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,3
6	D8-D7	0,005	8,5	20,04	1,00	0,8	0,975	20,55	0,012	0,03	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4
7	D10-D9	0,005	8,5	20,04	1,00	0,8	0,975	20,55	0,012	0,03	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,3
8	D12-D11	0,005	8,5	20,04	1,00	0,8	0,975	20,55	0,012	0,03	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,2
9	D14-D13	0,005	10,6	25,05	1,30	0,8	0,975	25,69	0,012	0,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,3
10	D19-D18	0,005	13,7	32,57	1,78	0,8	0,975	33,40	0,012	0,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4
11	D20-D17	0,005	7,4	17,54	0,85	0,8	0,975	17,99	0,012	0,03	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	1,5
BLOK 9																		
1	C81-C82	0,005	17,1	40,42	2,31	0,8	0,975	41,46	0,012	45,33	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4
2	C83-C84	0,005	14,0	33,07	1,82	0,8	0,975	33,92	0,012	42,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4
3	C85-C86	0,005	14,0	33,07	1,82	0,8	0,975	33,92	0,012	42,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4
4	C87-C88	0,005	18,6	44,10	2,56	0,8	0,975	45,23	0,012	46,83	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4
5	C89-C90	0,005	15,5	36,75	2,06	0,8	0,975	37,69	0,012	43,74	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4
6	C91-C92	0,005	9,3	22,05	1,12	0,8	0,975	22,61	0,012	36,11	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4
7	C94-C93	0,005	9,3	22,05	1,12	0,8	0,975	22,61	0,012	36,11	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,1
8	C96-C95	0,005	9,3	22,05	1,12	0,8	0,975	22,61	0,012	36,11	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,2
9	C97-C98	0,005	12,4	29,40	1,58	0,8	0,975	30,15	0,012	40,23	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4
10	C99- C100	0,005	15,5	36,75	2,06	0,8	0,975	37,69	0,012	43,74	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4

No	Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata- rata (m ³ /hari)	Qpeak (m ³ /hari)	Qmin (m ³ /hari)	d/D	Qpeak /Qfull	Qfull (m ³ /hari)	n	D Hitung (m)	D Apply (m)	Qfull (m ³ /s)	Vfull (m/s)	Qmin /Qfull	Dmin /D	Vmin /Vfull	Vmin (m/s)	Q Gelontor (m ³)
11	D1-D2	0,005	20,2	47,77	2,82	0,8	0,975	48,99	0,012	48,26	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4
PIPA MENUJU PERLINTASAN 1																		
1	D20-D2	0,004	105,7	250,51	20,62	0,8	0,975	256,93	0,012	93,68	0,104	0,004	0,5	0,06	0,16	0,50	0,23	1,5
2	D2-C82	0,003	155,0	367,46	32,65	0,8	0,975	376,88	0,012	114,15	0,152	0,009	0,5	0,04	0,19	0,58	0,30	1,8
3	C82-B14	0,003	260,7	617,97	60,92	0,8	0,975	633,81	0,012	138,72	0,152	0,009	0,5	0,08	0,16	0,50	0,26	0,3

No	Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata- rata (m³/hari)	Qpeak (m³/hari)	Qmin (m³/hari)	d/D	Qpeak /Qfull	Qfull (m³/hari)	n	D Hitung (m)	D Apply (m)	Qfull (m³/s)	Vfull (m/s)	Qmin /Qfull	Dmin /D	Vmin /Vfull	Vmin (m/s)	Q Gelontor (m³)
BLOK 10																		
1	D49-D29	0,005	34,9	82,67	5,45	0,8	0,975	84,79	0,012	0,06	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	2,3
2	D50-D30	0,005	34,9	82,67	5,45	0,8	0,975	84,79	0,012	0,06	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	2,1
3	D51-D32	0,005	35,9	85,17	5,65	0,8	0,975	87,36	0,012	0,06	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	2,1
4	D32-D29	0,004	105,7	250,51	20,62	0,8	0,975	256,93	0,012	0,09	0,104	0,004	0,5	0,06	0,16	0,50	0,23	0,3
BLOK 11																		
1	D58-D56	0,005	9,5	22,55	1,15	0,8	0,975	23,12	0,012	0,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,3
2	D55-D54	0,005	8,5	20,04	1,00	0,8	0,975	20,55	0,012	0,03	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,2
3	D61-D59	0,005	12,7	30,06	1,62	0,8	0,975	30,83	0,012	0,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,5
4	D67-D69	0,005	25,4	60,12	3,72	0,8	0,975	61,66	0,012	0,05	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,5
5	D71-D69	0,005	13,7	32,57	1,78	0,8	0,975	33,40	0,012	0,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,5
6	D75-D69	0,005	13,7	32,57	1,78	0,8	0,975	33,40	0,012	0,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,6
7	D82-D69	0,005	13,7	32,57	1,78	0,8	0,975	33,40	0,012	0,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,7
8	D69-D68	0,005	8,5	20,04	1,00	0,8	0,975	20,55	0,012	0,03	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,1
9	D80-D49	0,005	105,7	250,51	20,62	0,8	0,975	256,93	0,012	0,09	0,104	0,004	0,5	0,05	0,16	0,50	0,26	1,7
BLOK 12																		
1	D100-D99	0,005	21,1	50,10	2,99	0,8	0,975	51,39	0,012	0,05	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,6
2	D98-D96	0,005	16,9	40,08	2,29	0,8	0,975	41,11	0,012	0,05	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,6
3	D95-D93	0,005	14,8	35,07	1,95	0,8	0,975	35,97	0,012	0,04	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,4
4	D92-D89	0,005	16,9	40,08	2,29	0,8	0,975	41,11	0,012	0,05	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,6
5	D88-D86	0,005	16,9	40,08	2,29	0,8	0,975	41,11	0,012	0,05	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,6
6	D85-D83	0,005	19,0	45,09	2,63	0,8	0,975	46,25	0,012	0,05	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,6
7	D99 - E4	0,005	105,7	250,51	20,62	0,8	0,975	256,93	0,012	0,09	0,104	0,004	0,5	0,05	0,16	0,50	0,26	0,7
BLOK 13																		

No	Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata- rata (m³/hari)	Qpeak (m³/hari)	Qmin (m³/hari)	d/D	Qpeak /Qfull	Qfull (m³/hari)	n	D Hitung (m)	D Apply (m)	Qfull (m³/s)	Vfull (m/s)	Qmin /Qfull	Dmin /D	Vmin /Vfull	Vmin (m/s)	Q Gelontor (m³)
1	D32-D24	0,005	42,3	100,20	6,87	0,8	0,975	102,77	0,012	0,06	0,104	0,004	0,5	0,02	0,12	0,44	0,23	0,8
2	D31-D23	0,005	37,0	87,68	5,85	0,8	0,975	89,93	0,012	0,06	0,104	0,004	0,5	0,02	0,10	0,40	0,21	0,9
3	D29-D22	0,005	26,4	62,63	3,91	0,8	0,975	64,23	0,012	0,05	0,104	0,004	0,5	0,01	0,10	0,40	0,21	0,7
4	D22-E3	0,005	105,7	250,51	20,62	0,8	0,975	256,93	0,012	0,09	0,104	0,004	0,5	0,05	0,16	0,50	0,26	0,1
PIPA HASIL PROYEKSI (SEKUNDER)																		
1	D80-D49	0,004	405,7	961,40	103,54	0,8	0,975	986,05	0,012	0,16	0,19	0,020	0,7	0,06	0,20	0,60	0,41	-
2	D49-D29	0,004	716,5	1698,09	204,91	0,8	0,975	1741,63	0,012	0,19	0,238	0,036	0,8	0,07	0,18	0,56	0,45	-
3	D29-E3	0,004	1148,3	2721,53	360,91	0,8	0,975	2791,32	0,012	0,23	0,238	0,036	0,8	0,12	0,21	0,62	0,50	-
4	E4-X	0,004	431,4	1022,42	111,47	0,8	0,975	1048,64	0,012	0,16	0,19	0,020	0,7	0,07	0,21	0,62	0,43	-
5	E3-X	0,002	5360,9	12705,35	2293,00	0,8	0,975	13031,13	0,012	0,47	0,475	0,160	0,9	0,17	0,24	0,66	0,59	-
6	X-IPAL	0,002	5792,3	13727,77	2516,17	0,8	0,975	14079,77	0,012	0,48	0,475	0,160	0,9	0,18	0,26	0,70	0,63	-

Tabel Penanaman Zona 1

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope pipa	HL	Ddalam	Dluar	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir		m	m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
BLOK 1														
1	A99-A44	666,4	2,84	2,74	0,0040	2,67	0,10	0,11	2,24	-0,43	2,13	-0,54	0,71	3,28
2	A92-A69	399,6	2,80	2,76	0,0060	2,40	0,10	0,11	2,20	-0,20	2,09	-0,31	0,71	3,07
3	A81-A71	136,3	2,81	2,78	0,0060	0,82	0,10	0,11	2,21	1,39	2,10	1,28	0,71	1,50
4	A82-A72	156,5	2,81	2,78	0,0060	0,94	0,10	0,11	2,21	1,27	2,10	1,16	0,71	1,62
5	A89-A73	346,8	2,80	2,84	0,0060	2,08	0,10	0,11	2,20	0,12	2,09	0,01	0,71	2,83
6	A93-A74	359,5	2,80	2,84	0,0060	2,16	0,10	0,11	2,20	0,04	2,09	-0,07	0,71	2,91
7	B2-A96	146,5	2,85	2,84	0,0060	0,88	0,10	0,11	2,25	1,37	2,14	1,26	0,71	1,58
8	B3-A96	136,7	2,85	2,84	0,0060	0,82	0,10	0,11	2,25	1,43	2,14	1,32	0,71	1,52
9	A83-A87	160,6	2,80	2,84	0,0060	0,96	0,10	0,11	2,20	1,24	2,09	1,13	0,71	1,71
10	A96-A75	395,2	2,84	2,84	0,0020	0,79	0,15	0,16	1,43	0,64	1,27	0,48	1,57	2,36
BLOK 2														
1	A44-A1	492,7	2,74	2,65	0,0060	2,96	0,10	0,11	-0,56	-3,52	-0,67	-3,63	3,41	6,28
2	A68-A2	680,8	2,74	2,65	0,0060	4,08	0,10	0,11	2,14	-1,94	2,03	-2,05	0,71	4,70
3	A3-A6	78,3	2,75	2,75	0,0060	0,47	0,10	0,11	2,15	1,68	2,04	1,57	0,71	1,18
4	A7-A8	84,3	2,75	2,75	0,0060	0,51	0,10	0,11	2,15	1,64	2,04	1,53	0,71	1,22
5	A9-A10	76,3	2,75	2,75	0,0060	0,46	0,10	0,11	2,15	1,69	2,04	1,58	0,71	1,17
6	A11-A12	95,8	2,75	2,75	0,0060	0,57	0,10	0,11	2,15	1,58	2,04	1,47	0,71	1,28
7	A20-A27	70,4	2,78	2,84	0,0060	0,42	0,10	0,11	2,18	1,76	2,07	1,65	0,71	1,19
8	A32-A27	53,4	2,84	2,84	0,0060	0,32	0,10	0,11	2,24	1,92	2,13	1,81	0,71	1,03
9	A19-A26	67,6	2,84	2,84	0,0060	0,41	0,10	0,11	2,24	1,83	2,13	1,72	0,71	1,12
10	A26-A31	52,4	2,84	2,84	0,0060	0,31	0,10	0,11	2,24	1,93	2,13	1,82	0,71	1,02
11	A18-A25	61,9	2,84	2,84	0,0060	0,37	0,10	0,11	2,24	1,87	2,13	1,76	0,71	1,08
12	A35-A25	53,2	2,85	2,84	0,0060	0,32	0,10	0,11	2,25	1,93	2,14	1,82	0,71	1,02

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope pipa	HL	Ddalam	Dluar	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir		m			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
13	A40-A24	52,2	2,84	2,84	0,0060	0,31	0,10	0,11	2,24	1,93	2,13	1,82	0,71	1,02
14	A17-A24	57,6	2,83	2,84	0,0060	0,35	0,10	0,11	2,23	1,88	2,12	1,77	0,71	1,07
15	A30-A23	74,7	2,84	2,84	0,0060	0,45	0,10	0,11	2,24	1,79	2,13	1,68	0,71	1,16
16	A16-A23	53,5	2,83	2,84	0,0060	0,32	0,10	0,11	2,23	1,91	2,12	1,80	0,71	1,04
17	A14-A22	49	2,83	2,84	0,0060	0,29	0,10	0,11	2,23	1,94	2,12	1,83	0,71	1,01
18	A29-A22	73,9	2,83	2,84	0,0060	0,44	0,10	0,11	2,23	1,79	2,12	1,68	0,71	1,16
19	A27-A21	158,1	2,84	2,84	0,0060	0,95	0,10	0,11	1,76	0,81	1,65	0,70	1,19	2,14
20	A33-A28	278,1	2,83	2,84	0,0060	1,67	0,10	0,11	2,23	0,56	2,12	0,45	0,71	2,39
21	A41-A39	134,5	2,82	2,84	0,0060	0,81	0,10	0,11	2,22	1,41	2,11	1,30	0,71	1,54
22	A42-A38	350,4	2,82	2,84	0,0060	2,10	0,10	0,11	2,22	0,12	2,11	0,01	0,71	2,83
23	A69-A45	460,4	2,82	2,84	0,0060	2,76	0,10	0,11	2,22	-0,54	2,11	-0,65	0,71	3,49
24	A49-A48	471,6	2,81	2,84	0,0060	2,83	0,10	0,11	2,21	-0,62	2,10	-0,73	0,71	3,57
BLOK 3														
1	A49-A48	471,6	2,81	2,84	0,0040	1,89	0,10	0,11	2,21	0,32	2,10	0,21	0,71	2,63
2	A51-A50	473,8	2,81	2,84	0,0040	1,90	0,10	0,11	2,21	0,31	2,10	0,20	0,71	2,64
3	A57-A52	481,5	2,81	2,84	0,0040	1,93	0,10	0,11	2,21	0,28	2,10	0,17	0,71	2,67
4	A59-A58	473,5	2,84	2,84	0,0040	1,89	0,10	0,11	2,24	0,35	2,13	0,24	0,71	2,60
5	A61-A60	471,6	2,84	2,84	0,0040	1,89	0,10	0,11	2,24	0,35	2,13	0,24	0,71	2,60
6	A65-A62	428,3	2,84	2,84	0,0050	2,14	0,10	0,11	2,24	0,10	2,13	-0,01	0,71	2,85
7	A67-A66	449,8	2,84	2,84	0,0050	2,25	0,10	0,11	2,24	-0,01	2,13	-0,12	0,71	2,96
8	A109-B4	444,7	2,84	2,84	0,0050	2,22	0,10	0,11	2,24	0,02	2,13	-0,09	0,71	2,93
9	B13-B12	447,7	2,84	2,84	0,0050	2,24	0,10	0,11	2,24	0,00	2,13	-0,11	0,71	2,95
BLOK 4														
1	B13-B12	447,7	2,90	2,84	0,0060	2,69	0,10	0,11	2,30	-0,39	2,19	-0,50	0,71	3,34
2	B15-B14	446,7	2,90	2,84	0,0060	2,68	0,10	0,11	2,30	-0,38	2,19	-0,49	0,71	3,33
3	B17-B16	444,7	2,90	2,84	0,0060	2,67	0,10	0,11	2,30	-0,37	2,19	-0,48	0,71	3,32

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope pipa	HL	Ddalam	Dluar	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir		m			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
4	B19-B18	444,5	2,90	2,84	0,0060	2,67	0,10	0,11	2,30	-0,37	2,19	-0,48	0,71	3,32
5	B22-B21	428,5	2,90	2,85	0,0060	2,57	0,10	0,11	2,30	-0,27	2,19	-0,38	0,71	3,23
6	B27-B26	174,7	2,90	2,85	0,0060	1,05	0,10	0,11	2,30	1,25	2,19	1,14	0,71	1,71
7	B32-B31	179	2,90	2,85	0,0060	1,07	0,10	0,11	2,30	1,23	2,19	1,12	0,71	1,73
8	B36-B35	181,1	2,90	2,85	0,0060	1,09	0,10	0,11	2,30	1,21	2,19	1,10	0,71	1,75
9	B41-B40	186,9	2,90	2,84	0,0060	1,12	0,10	0,11	2,30	1,18	2,19	1,07	0,71	1,77
10	B46-B45	189,9	2,85	2,84	0,0060	1,14	0,10	0,11	2,25	1,11	2,14	1,00	0,71	1,84
11	B51-B50	195,4	2,85	2,84	0,0060	1,17	0,10	0,11	2,25	1,08	2,14	0,97	0,71	1,87
12	B57-B56	173,9	2,85	2,84	0,0060	1,04	0,10	0,11	2,25	1,21	2,14	1,10	0,71	1,74
13	B58-B55	200,9	2,85	2,84	0,0060	1,21	0,10	0,11	2,25	1,04	2,14	0,93	0,71	1,91
14	B61-B60	200,6	2,85	2,84	0,0060	1,20	0,10	0,11	2,25	1,05	2,14	0,94	0,71	1,90
15	B64-B63	207	2,85	2,84	0,0060	1,24	0,10	0,11	2,25	1,01	2,14	0,90	0,71	1,94
16	B67-B66	214,5	2,85	2,84	0,0060	1,29	0,10	0,11	2,25	0,96	2,14	0,85	0,71	1,99
17	B72-B71	214	2,85	2,84	0,0060	1,28	0,10	0,11	2,25	0,97	2,14	0,86	0,71	1,98
BLOK 5														
1	B21-B20	272,7	2,85	2,85	0,0060	1,64	0,10	0,11	2,25	0,61	2,14	0,50	0,71	2,35
2	B26-B23	279,2	2,85	2,85	0,0060	1,68	0,10	0,11	2,25	0,57	2,14	0,46	0,71	2,39
3	B31-B28	266,8	2,85	2,85	0,0060	1,60	0,10	0,11	2,25	0,65	2,14	0,54	0,71	2,31
4	B35-B33	260,7	2,85	2,85	0,0060	1,56	0,10	0,11	2,25	0,69	2,14	0,58	0,71	2,27
5	B40-B37	269,4	2,84	2,85	0,0060	1,62	0,10	0,11	2,24	0,62	2,13	0,51	0,71	2,34
6	B45-B42	266,5	2,84	2,85	0,0060	1,60	0,10	0,11	2,24	0,64	2,13	0,53	0,71	2,32
7	B50-B47	259,7	2,84	2,85	0,0060	1,56	0,10	0,11	2,24	0,68	2,13	0,57	0,71	2,28
8	B55-B52	243	2,84	2,85	0,0060	1,46	0,10	0,11	2,24	0,78	2,13	0,67	0,71	2,18
9	B60-B59	235,4	2,84	2,85	0,0060	1,41	0,10	0,11	2,24	0,83	2,13	0,72	0,71	2,13
10	B63-B62	233,8	2,84	2,85	0,0060	1,40	0,10	0,11	2,24	0,84	2,13	0,73	0,71	2,12
11	B66-B65	225	2,84	2,85	0,0060	1,35	0,10	0,11	2,24	0,89	2,13	0,78	0,71	2,07

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope pipa	HL	Ddalam	Dluar	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir		m	m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
12	B71-B68	220,6	2,84	2,83	0,0060	1,32	0,10	0,11	2,24	0,92	2,13	0,81	0,71	2,02
13	B74-B73	160,4	2,83	2,83	0,0060	0,96	0,10	0,11	2,23	1,27	2,12	1,16	0,71	1,67
14	B77-B76	158,8	2,83	2,83	0,0060	0,95	0,10	0,11	2,23	1,28	2,12	1,17	0,71	1,66
15	B79-B78	158,2	2,83	2,83	0,0060	0,95	0,10	0,11	2,23	1,28	2,12	1,17	0,71	1,66
16	B81-B80	158,5	2,83	2,83	0,0060	0,95	0,10	0,11	2,23	1,28	2,12	1,17	0,71	1,66
17	B83-B82	159,5	2,83	2,83	0,0060	0,96	0,10	0,11	2,23	1,27	2,12	1,16	0,71	1,67
BLOK 6														
1	B88-B87	200,1	2,83	2,85	0,0060	1,20	0,10	0,11	2,23	1,03	2,12	0,92	0,71	1,93
2	C4-C3	197,3	2,83	2,85	0,0060	1,18	0,10	0,11	2,23	1,05	2,12	0,94	0,71	1,91
3	C6-C5	193,7	2,83	2,85	0,0060	1,16	0,10	0,11	2,23	1,07	2,12	0,96	0,71	1,89
4	C8-C7	189,7	2,83	2,85	0,0060	1,14	0,10	0,11	2,23	1,09	2,12	0,98	0,71	1,87
5	C16-CX15	184,9	2,83	2,85	0,0060	1,11	0,10	0,11	2,23	1,12	2,12	1,01	0,71	1,84
6	C22-C21	179,6	2,83	2,85	0,0060	1,08	0,10	0,11	2,23	1,15	2,12	1,04	0,71	1,81
7	C26-C25	175	2,83	2,85	0,0060	1,05	0,10	0,11	2,23	1,18	2,12	1,07	0,71	1,78
8	C32-C31	171,7	2,83	2,85	0,0060	1,03	0,10	0,11	2,23	1,20	2,12	1,09	0,71	1,76
9	C36-C35	166,3	2,83	2,85	0,0060	1,00	0,10	0,11	2,23	1,23	2,12	1,12	0,71	1,73
10	C40-C39	163	2,83	2,85	0,0060	0,98	0,10	0,11	2,23	1,25	2,12	1,14	0,71	1,71
11	C46-C45	159,2	2,83	2,85	0,0060	0,96	0,10	0,11	2,23	1,27	2,12	1,16	0,71	1,69
12	C51-C50	155,8	2,83	2,85	0,0060	0,93	0,10	0,11	2,23	1,30	2,12	1,19	0,71	1,66
13	C55-C54	129,6	2,83	2,85	0,0060	0,78	0,10	0,11	2,23	1,45	2,12	1,34	0,71	1,51
14	C59-C58	148,1	2,83	2,85	0,0060	0,89	0,10	0,11	2,23	1,34	2,12	1,23	0,71	1,62
15	C67-C70	66,3	2,85	2,84	0,0060	0,40	0,10	0,11	2,25	1,85	2,14	1,74	0,71	1,10
16	C66-C69	51,1	2,85	2,84	0,0060	0,31	0,10	0,11	2,25	1,94	2,14	1,83	0,71	1,01
17	C65-C68	52,5	2,85	2,84	0,0060	0,32	0,10	0,11	2,25	1,94	2,14	1,83	0,71	1,02
18	C70-C73	71	2,85	2,85	0,0060	0,43	0,10	0,11	2,25	1,82	2,14	1,71	0,71	1,14
19	C64-C72	70,5	2,84	2,85	0,0060	0,42	0,10	0,11	2,24	1,82	2,13	1,71	0,71	1,14

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope pipa	HL	Ddalam	Dluar	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir		m			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
20	C71-C73	68	2,84	2,85	0,0060	0,41	0,10	0,11	2,24	1,83	2,13	1,72	0,71	1,13
21	C76-C75	37,9	2,85	2,85	0,0060	0,23	0,10	0,11	2,25	2,02	2,14	1,91	0,71	0,94
22	C75-C78	33,1	2,85	2,84	0,0060	0,20	0,10	0,11	2,25	2,05	2,14	1,94	0,71	0,90
23	C77-C79	53,9	2,85	2,84	0,0060	0,32	0,10	0,11	2,25	1,93	2,14	1,82	0,71	1,02
24	C80-C74	163,3	2,84	2,84	0,0060	0,98	0,15	0,16	2,24	1,26	2,08	1,10	0,76	1,74
BLOK 7														
1	B85-B84	160	2,83	2,83	0,0060	0,96	0,10	0,11	2,23	1,27	2,12	1,16	0,71	1,67
2	B91-B90	112,6	2,83	2,83	0,0060	0,68	0,10	0,11	2,23	1,55	2,12	1,44	0,71	1,39
3	B94-B100	107,8	2,83	2,83	0,0060	0,65	0,10	0,11	2,23	1,58	2,12	1,47	0,71	1,36
4	B95-C1	112,7	2,83	2,83	0,0060	0,68	0,10	0,11	2,23	1,55	2,12	1,44	0,71	1,39
5	C1-B89	180,6	2,83	2,83	0,0060	1,08	0,10	0,11	2,23	1,15	2,12	1,04	0,71	1,79
6	C14-C13	198,6	2,84	2,83	0,0060	1,19	0,10	0,11	2,24	1,05	2,13	0,94	0,71	1,89
7	C20-C17	266,0	2,84	2,83	0,0060	1,60	0,10	0,11	2,24	0,64	2,13	0,53	0,71	2,30
8	C24-C23	275,1	2,84	2,83	0,0060	1,65	0,10	0,11	2,24	0,59	2,13	0,48	0,71	2,35
9	C30-C27	274,8	2,84	2,83	0,0060	1,65	0,10	0,11	2,24	0,59	2,13	0,48	0,71	2,35
10	C34-C33	291,4	2,84	2,83	0,0060	1,75	0,10	0,11	2,24	0,49	2,13	0,38	0,71	2,45
11	C38-C37	289,2	2,84	2,83	0,0060	1,74	0,10	0,11	2,24	0,50	2,13	0,39	0,71	2,44
12	C44-C41	302,3	2,84	2,79	0,0060	1,81	0,10	0,11	2,24	0,43	2,13	0,32	0,71	2,47
13	C49-C48	222,8	2,84	2,79	0,0060	1,34	0,10	0,11	2,24	0,90	2,13	0,79	0,71	2,00
14	C53-C52	158,5	2,84	2,79	0,0060	0,95	0,10	0,11	2,24	1,29	2,13	1,18	0,71	1,61
15	C57-C56	132,8	2,84	2,79	0,0060	0,80	0,10	0,11	2,24	1,44	2,13	1,33	0,71	1,46
16	C63-C60	61	2,84	2,79	0,0060	0,37	0,10	0,11	2,24	1,87	2,13	1,76	0,71	1,03
17	C60-C41	287	2,84	2,79	0,0060	1,72	0,15	0,16	2,24	0,52	2,08	0,36	0,76	2,43
18	C74-C81	355,1	2,84	2,79	0,0050	1,78	0,10	0,11	2,24	0,46	2,13	0,35	0,71	2,44
PIPA MENUJU IPAL														
1	C81-B84	297,7	2,79	2,83	0,0040	1,19	0,19	0,20	0,46	-0,73	0,26	-0,93	2,53	3,76

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope pipa	HL	Ddalam	Dluar	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir		m	m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
2	B84-B20	413,1	2,83	2,83	0,0030	1,24	0,24	0,25	-0,73	-1,97	-0,98	-2,22	3,83	5,05
3	C74-B71	455,2	2,84	2,85	0,0040	1,82	0,15	0,16	1,26	-0,11	1,10	-0,27	1,74	3,12
4	B71-B20	631,2	2,85	2,84	0,0030	1,89	0,24	0,25	-0,11	-2,00	-0,36	-2,25	3,20	5,09
5	B20-A48	350,9	2,83	2,84	0,0020	0,70	0,38	0,40	-1,97	-2,67	-2,37	-3,07	5,20	5,91
6	A48-A1	566,2	2,84	2,65	0,0020	1,13	0,38	0,40	-2,67	-3,80	-3,07	-4,20	5,91	6,85
7	A75-A1	1171,0	2,84	2,65	0,0040	4,68	0,19	0,20	0,64	-4,04	0,44	-4,24	2,40	6,89
8	A1-E3	210,16	2,65	2,60	0,0050	1,05	0,38	0,40	2,05	1,00	1,65	0,60	1,00	2,00

Tabel Penanaman Zona 2

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope pipa	HL	Ddalam	Dluar	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir		m	m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
BLOK 8														
1	D3-D15	80,5	2,82	2,82	0,0050	0,40	0,10	0,11	2,22	1,82	2,11	1,71	0,71	1,11
2	D4-D16	94,2	2,83	2,83	0,0050	0,47	0,10	0,11	2,23	1,76	2,12	1,65	0,71	1,18
3	D5-D17	145,6	2,84	2,84	0,0050	0,73	0,10	0,11	2,24	1,51	2,13	1,40	0,71	1,44
4	D15-D20	171,4	2,82	2,84	0,0040	0,69	0,10	0,11	2,22	1,53	2,11	1,42	0,71	1,42
5	D6-D5	74,1	2,83	2,82	0,0050	0,37	0,10	0,11	2,23	1,86	2,12	1,75	0,71	1,07
6	D8-D7	108,2	2,84	2,84	0,0050	0,54	0,10	0,11	2,24	1,70	2,13	1,59	0,71	1,25
7	D10-D9	77,7	2,84	2,84	0,0050	0,39	0,10	0,11	2,24	1,85	2,13	1,74	0,71	1,10
8	D12-D11	46,5	2,84	2,84	0,0050	0,23	0,10	0,11	2,24	2,01	2,13	1,90	0,71	0,94
9	D14-D13	67,3	2,84	2,84	0,0050	0,34	0,10	0,11	2,24	1,90	2,13	1,79	0,71	1,05
10	D19-D18	85,3	2,84	2,84	0,0050	0,43	0,10	0,11	2,24	1,81	2,13	1,70	0,71	1,14
11	D20-D17	114,4	2,84	2,84	0,0050	0,57	0,10	0,11	2,24	1,67	2,13	1,56	0,71	1,28
BLOK 9														

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope pipa	HL	Ddalam	Dluar	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir		m	m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	C81-C82	103	2,73	2,73	0,0050	0,52	0,10	0,11	2,13	1,62	2,02	1,51	0,71	1,23
2	C83-C84	98,8	2,73	2,73	0,0050	0,49	0,10	0,11	2,13	1,64	2,02	1,53	0,71	1,20
3	C85-C86	100,9	2,73	2,73	0,0050	0,50	0,10	0,11	2,13	1,63	2,02	1,52	0,71	1,21
4	C87-C88	102,7	2,73	2,73	0,0050	0,51	0,10	0,11	2,13	1,62	2,02	1,51	0,71	1,22
5	C89-C90	102,9	2,73	2,73	0,0050	0,51	0,10	0,11	2,13	1,62	2,02	1,51	0,71	1,22
6	C91-C92	98,8	2,73	2,73	0,0050	0,49	0,10	0,11	2,13	1,64	2,02	1,53	0,71	1,20
7	C94-C93	25	2,73	2,73	0,0050	0,13	0,10	0,11	2,13	2,01	2,02	1,90	0,71	0,84
8	C96-C95	49,6	2,73	2,73	0,0050	0,25	0,10	0,11	2,13	1,88	2,02	1,77	0,71	0,96
9	C97-C98	99,4	2,73	2,73	0,0050	0,50	0,10	0,11	2,13	1,63	2,02	1,52	0,71	1,21
10	C99-C100	98,8	2,73	2,73	0,0050	0,49	0,10	0,11	2,13	1,64	2,02	1,53	0,71	1,20
11	D1-D2	94,2	2,73	2,73	0,0050	0,47	0,10	0,11	2,13	1,66	2,02	1,55	0,71	1,18
PIPA MENUJU SIPHON 1														
1	D20-D2	433,5	2,84	2,73	0,0040	1,73	0,10	0,11	1,53	-0,20	1,42	-0,31	1,42	3,04
2	D2-C82	706,1	2,73	2,73	0,0030	2,12	0,15	0,16	-0,20	-2,32	-0,36	-2,48	3,09	5,21
3	C82-B14	96,5	2,73	2,84	0,0030	0,29	0,15	0,16	-2,32	-2,61	-2,48	-2,77	5,21	5,61

Tabel Penanaman Zona 3

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope pipa	HL	Ddalam	Dluar	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir		m	m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
BLOK 10														
1	D49-D29	623,3	2,6	2,6	0,0050	3,12	0,10	0,11	2,00	-1,12	1,89	-1,23	0,71	3,83
2	D50-D30	560,4	2,6	2,6	0,0050	2,80	0,10	0,11	2,00	-0,80	1,89	-0,91	0,71	3,51
3	D51-D32	548	2,6	2,6	0,0050	2,74	0,10	0,11	2,00	-0,74	1,89	-0,85	0,71	3,45
4	D32-D29	98,6	2,6	2,6	0,0040	0,39	0,10	0,11	2,00	1,61	1,89	1,50	0,71	1,10

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope pipa	HL	Ddalam	Dluar	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir		m	m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
BLOK 11														
1	D58-D56	82,5	2,6	2,6	0,0050	0,41	0,10	0,11	2,00	1,59	1,89	1,48	0,71	1,12
2	D55-D54	54,3	2,6	2,6	0,0050	0,27	0,10	0,11	2,00	1,73	1,89	1,62	0,71	0,98
3	D61-D59	125,1	2,6	2,6	0,0050	0,63	0,10	0,11	2,00	1,37	1,89	1,26	0,71	1,34
4	D67-D69	131,3	2,6	2,6	0,0050	0,66	0,10	0,11	2,00	1,34	1,89	1,23	0,71	1,37
5	D71-D69	131,3	2,6	2,6	0,0050	0,66	0,10	0,11	2,00	1,34	1,89	1,23	0,71	1,37
6	D75-D69	157,9	2,6	2,6	0,0050	0,79	0,10	0,11	2,00	1,21	1,89	1,10	0,71	1,50
7	D82-D69	182,9	2,6	2,6	0,0050	0,91	0,10	0,11	2,00	1,09	1,89	0,98	0,71	1,62
8	D69-D68	27,3	2,6	2,6	0,0050	0,14	0,10	0,11	2,00	1,86	1,89	1,75	0,71	0,85
BLOK 12														
1	D100-D99	166,8	2,5	2,5	0,0050	0,83	0,10	0,11	1,90	1,07	1,79	0,96	0,71	1,54
2	D98-D96	163,7	2,5	2,5	0,0050	0,82	0,10	0,11	1,90	1,08	1,79	0,97	0,71	1,53
3	D95-D93	105,7	2,5	2,5	0,0050	0,53	0,10	0,11	1,90	1,37	1,79	1,26	0,71	1,24
4	D92-D89	168,4	2,5	2,5	0,0050	0,84	0,10	0,11	1,90	1,06	1,79	0,95	0,71	1,55
5	D88-D86	166,8	2,5	2,5	0,0050	0,83	0,10	0,11	1,90	1,07	1,79	0,96	0,71	1,54
6	D85-D83	162,6	2,5	2,5	0,0050	0,81	0,10	0,11	1,90	1,09	1,79	0,98	0,71	1,52
7	D99 - E4	190,4	2,5	2,5	0,0050	0,95	0,10	0,11	1,90	0,95	1,79	0,84	0,71	1,66
BLOK 13														
1	D32-D24	225,5	2,6	2,6	0,0050	1,13	0,10	0,11	2,00	0,87	1,89	0,76	0,71	1,84
2	D31-D23	229	2,6	2,6	0,0050	1,15	0,10	0,11	2,00	0,86	1,89	0,75	0,71	1,86
3	D29-D22	186,3	2,6	2,6	0,0050	0,93	0,10	0,11	2,00	1,07	1,89	0,96	0,71	1,64
4	D22-E3	41,5	2,6	2,6	0,0050	0,21	0,10	0,11	2,00	1,79	1,89	1,68	0,71	0,92
PIPA MENUJU IPAL														
1	D80-D49	476,9	2,6	2,6	0,0040	1,91	0,19	0,2	2,00	0,09	1,80	-0,11	0,80	2,71
2	D49-D29	623,3	2,6	2,6	0,0040	2,49	0,24	0,25	0,09	-2,40	-0,16	-2,65	2,76	5,25
3	D29-E3	186,3	2,6	2,6	0,0040	0,75	0,24	0,25	-2,40	-3,15	-2,65	-3,40	5,25	6,00

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope pipa	HL	Ddalam	Dluar	Elevasi Atas Pipa(m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir		m	m	m	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
4	E4-X	735,3	2,6	2,5	0,0020	0,87	0,19	0,20	0,95	0,08	0,75	-0,12	1,75	2,62
5	E3-X	280,7	2,6	2,5	0,0020	0,56	0,48	0,50	1,00	0,44	0,50	-0,06	2,10	2,56
6	X-IPAL	69,6	2,5	2,5	0,0020	0,14	0,48	0,50	0,08	-0,06	-0,42	-0,56	2,92	3,06

Tabel Urugan Pipa Zona 1

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Bongkar Paving	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Volume Tanah Urug	Pasir Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II			m³	m³	m³	m²	m²
1	A99-A44	666	0,11	0,71	3,28	0,97	3,54	2,57	666,40	458,95	606,95	399,84	1065,90	6,34	187,65	878,25	871,91	14,19
2	A92-A69	400	0,11	0,71	3,07	0,97	3,33	2,36	399,60	275,21	334,44	239,76	609,65	3,80	112,52	497,13	493,33	8,51
3	A81-A71	136	0,11	0,71	1,50	0,97	1,76	0,79	136,30	93,87	38,12	81,78	131,99	1,30	38,38	93,61	92,31	2,90
4	A82-A72	157	0,11	0,71	1,62	0,97	1,88	0,91	156,50	107,78	50,50	93,90	158,29	1,49	44,07	114,22	112,73	3,33
5	A89-A73	347	0,11	0,71	2,83	0,97	3,09	2,12	346,80	238,84	261,10	208,08	499,94	3,30	97,66	402,29	398,99	7,39
6	A93-A74	360	0,11	0,71	2,91	0,97	3,17	2,20	359,50	247,59	280,39	215,70	527,98	3,42	101,23	426,74	423,32	7,66
7	B2-A96	147	0,11	0,71	1,58	0,97	1,84	0,87	146,50	100,90	45,19	87,90	146,09	1,39	41,25	104,84	103,45	3,12
8	B3-A96	137	0,11	0,71	1,52	0,97	1,78	0,81	136,70	94,15	39,32	82,02	133,47	1,30	38,49	94,97	93,67	2,91
9	A83-A87	161	0,11	0,71	1,71	0,97	1,97	1,00	160,60	110,61	57,22	96,36	167,83	1,53	45,22	122,60	121,07	3,42
10	A96-A75	395	0,16	1,57	2,36	1,88	2,67	0,79	395,20	564,73	118,70	237,12	683,43	7,95	130,21	553,21	545,27	9,01
11	A75-A44	600	0,20	2,40	3,50	2,75	3,85	1,10	600,24	1320,81	264,21	360,14	1585,02	18,86	221,23	1363,79	1344,93	14,41
BLOK 2																		
1	A44-A1	493	0,11	3,41	6,28	3,67	6,54	2,87	492,71	1284,23	501,32	295,62	1785,56	4,68	138,74	1646,82	1642,13	10,49
2	A68-A2	681	0,11	0,71	4,70	0,97	4,96	3,99	680,80	468,87	965,48	408,48	1434,35	6,47	191,71	1242,64	1236,17	14,50
3	A3-A6	78	0,11	0,71	1,18	0,97	1,44	0,47	78,31	53,93	13,06	46,98	66,99	0,74	22,05	44,94	44,20	1,67
4	A7-A8	84	0,11	0,71	1,22	0,97	1,48	0,51	84,31	58,06	15,14	50,58	73,20	0,80	23,74	49,46	48,66	1,80
5	A9-A10	76	0,11	0,71	1,17	0,97	1,43	0,46	76,31	52,55	12,40	45,78	64,95	0,73	21,49	43,47	42,74	1,63
6	A11-A12	96	0,11	0,71	1,28	0,97	1,54	0,57	95,80	65,98	19,55	57,48	85,53	0,91	26,98	58,55	57,64	2,04
7	A20-A27	70	0,11	0,71	1,19	0,97	1,45	0,48	70,41	48,49	12,06	42,24	60,55	0,67	19,82	40,72	40,05	1,50
8	A32-A27	53	0,11	0,71	1,03	0,97	1,29	0,32	53,41	36,78	6,07	32,04	42,86	0,51	15,04	27,82	27,31	1,14
9	A19-A26	68	0,11	0,71	1,12	0,97	1,38	0,41	67,61	46,56	9,73	40,56	56,29	0,64	19,04	37,26	36,62	1,44
10	A26-A31	52	0,11	0,71	1,02	0,97	1,28	0,31	52,41	36,09	5,85	31,44	41,94	0,50	14,76	27,19	26,69	1,12
11	A18-A25	62	0,11	0,71	1,08	0,97	1,34	0,37	61,91	42,64	8,16	37,14	50,80	0,59	17,43	33,37	32,78	1,32
12	A35-A25	53	0,11	0,71	1,02	0,97	1,28	0,31	53,21	36,64	5,84	31,92	42,48	0,51	14,98	27,50	27,00	1,13
13	A40-A24	52	0,11	0,71	1,02	0,97	1,28	0,31	52,21	35,96	5,80	31,32	41,76	0,50	14,70	27,06	26,56	1,11
14	A17-A24	58	0,11	0,71	1,07	0,97	1,33	0,36	57,61	39,67	7,27	34,56	46,95	0,55	16,22	30,73	30,18	1,23
15	A30-A23	75	0,11	0,71	1,16	0,97	1,42	0,45	74,71	51,45	11,89	44,82	63,34	0,71	21,03	42,30	41,59	1,59

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Bongkar Paving	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Volume Tanah Urug	Pasir Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II			m³	m³	m³	m²	m²
16	A16-A23	54	0,11	0,71	1,04	0,97	1,30	0,33	53,51	36,85	6,29	32,10	43,14	0,51	15,07	28,07	27,56	1,14
17	A14-A22	49	0,11	0,71	1,01	0,97	1,27	0,30	49,01	33,75	5,29	29,40	39,04	0,47	13,80	25,24	24,78	1,04
18	A29-A22	74	0,11	0,71	1,16	0,97	1,42	0,45	73,91	50,90	11,89	44,34	62,79	0,70	20,81	41,98	41,28	1,57
19	A27-A21	158	0,11	1,19	2,14	1,45	2,40	0,95	158,11	163,04	53,24	94,86	216,28	1,50	44,52	171,76	170,26	3,37
20	A33-A28	278	0,11	0,71	2,39	0,97	2,65	1,68	278,10	191,53	165,72	166,86	357,25	2,64	78,31	278,94	276,29	5,92
21	A41-A39	135	0,11	0,71	1,54	0,97	1,80	0,83	134,50	92,63	39,49	80,70	132,12	1,28	37,87	94,25	92,97	2,86
22	A42-A38	350	0,11	0,71	2,83	0,97	3,09	2,12	350,40	241,32	264,01	210,24	505,33	3,33	98,67	406,66	403,33	7,46
23	A69-A45	460	0,11	0,71	3,49	0,97	3,75	2,78	460,40	317,08	454,76	276,24	771,84	4,38	129,65	642,19	637,82	9,81
24	A49-A48	472	0,11	0,71	3,57	0,97	3,83	2,86	471,60	324,79	478,75	282,96	803,54	4,48	132,80	670,74	666,26	10,05
25	A48-A1	566	0,16	3,46	5,88	3,77	6,19	2,42	566,21	1622,14	521,71	339,72	2143,85	11,39	186,55	1957,30	1945,91	12,91
BLOK 3																		
1	A49-A48	472	0,11	0,71	2,63	0,97	2,89	1,92	471,60	324,79	320,84	282,96	645,63	4,48	132,80	512,83	508,35	10,05
2	A51-A50	474	0,11	0,71	2,64	0,97	2,90	1,93	473,80	326,31	323,82	284,28	650,12	4,50	133,42	516,70	512,20	10,09
3	A57-A52	482	0,11	0,71	2,67	0,97	2,93	1,96	481,50	331,61	334,34	288,90	665,95	4,58	135,59	530,37	525,79	10,26
4	A59-A58	474	0,11	0,71	2,60	0,97	2,86	1,89	473,50	326,10	318,37	284,10	644,47	4,50	133,33	511,13	506,63	10,09
5	A61-A60	472	0,11	0,71	2,60	0,97	2,86	1,89	471,60	324,79	315,82	282,96	640,61	4,48	132,80	507,81	503,33	10,05
6	A65-A62	428	0,11	0,71	2,85	0,97	3,11	2,14	428,30	294,97	325,61	256,98	620,58	4,07	120,61	499,97	495,90	9,12
7	A67-A66	450	0,11	0,71	2,96	0,97	3,22	2,25	449,80	309,78	359,12	269,88	668,90	4,28	126,66	542,24	537,96	9,58
8	A109-B4	445	0,11	0,71	2,93	0,97	3,19	2,22	444,70	306,27	351,02	266,82	657,29	4,23	125,22	532,06	527,83	9,47
9	B13-B12	448	0,11	0,71	2,95	0,97	3,21	2,24	447,70	308,33	355,77	268,62	664,10	4,26	126,07	538,04	533,78	9,54
10	B12-A48	234	0,16	3,00	3,93	3,31	4,24	0,94	233,92	588,19	83,16	140,34	671,35	4,70	77,07	594,28	589,58	5,33
BLOK 4																		
1	B13-B12	448	0,11	0,71	3,34	0,97	3,60	2,63	447,70	308,33	417,39	268,62	725,72	4,26	126,07	599,65	595,40	9,54
2	B15-B14	447	0,11	0,71	3,33	0,97	3,59	2,62	446,70	307,64	415,51	268,02	723,15	4,25	125,79	597,36	593,12	9,51
3	B17-B16	445	0,11	0,71	3,32	0,97	3,58	2,61	444,70	306,27	411,75	266,82	718,02	4,23	125,22	592,79	588,57	9,47
4	B19-B18	445	0,11	0,71	3,32	0,97	3,58	2,61	444,50	306,13	411,38	266,70	717,51	4,23	125,17	592,34	588,11	9,47
5	B22-B21	429	0,11	0,71	3,23	0,97	3,49	2,52	428,50	295,11	383,49	257,10	678,60	4,07	120,66	557,93	553,86	9,13
6	B27-B26	175	0,11	0,71	1,71	0,97	1,97	1,00	174,70	120,32	61,91	104,82	182,22	1,66	49,19	133,03	131,37	3,72
7	B32-B31	179	0,11	0,71	1,73	0,97	1,99	1,02	179,00	123,28	65,07	107,40	188,35	1,70	50,41	137,94	136,24	3,81
8	B36-B35	181	0,11	0,71	1,75	0,97	2,01	1,04	181,10	124,73	66,64	108,66	191,37	1,72	51,00	140,37	138,65	3,86

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Bongkar Paving	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Volume Tanah Urug	Pasir Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II		m²		m³	m³	m³	m²
9	B41-B40	187	0,11	0,71	1,77	0,97	2,03	1,06	186,90	128,72	70,42	112,14	199,14	1,78	52,63	146,51	144,74	3,98
10	B46-B45	190	0,11	0,71	1,84	0,97	2,10	1,13	189,90	130,79	76,14	113,94	206,92	1,81	53,47	153,45	151,64	4,04
11	B51-B50	195	0,11	0,71	1,87	0,97	2,13	1,16	195,40	134,57	80,63	117,24	215,21	1,86	55,02	160,18	158,32	4,16
12	B57-B56	174	0,11	0,71	1,74	0,97	2,00	1,03	173,90	119,77	63,80	104,34	183,56	1,65	48,97	134,59	132,94	3,70
13	B58-B55	201	0,11	0,71	1,91	0,97	2,17	1,20	200,90	138,36	85,26	120,54	223,62	1,91	56,57	167,04	165,13	4,28
14	B61-B60	201	0,11	0,71	1,90	0,97	2,16	1,19	200,60	138,15	85,00	120,36	223,15	1,91	56,49	166,67	164,76	4,27
15	B64-B63	207	0,11	0,71	1,94	0,97	2,20	1,23	207,00	142,56	90,53	124,20	233,10	1,97	58,29	174,81	172,84	4,41
16	B67-B66	215	0,11	0,71	1,99	0,97	2,25	1,28	214,50	147,73	97,24	128,70	244,97	2,04	60,40	184,57	182,53	4,57
17	B72-B71	214	0,11	0,71	1,98	0,97	2,24	1,27	214,00	147,38	96,79	128,40	244,17	2,03	60,26	183,91	181,87	4,56
18	B71-B20	569	0,16	0,76	4,17	1,07	4,48	3,41	568,60	462,39	737,14	341,16	1199,52	11,44	187,35	1012,18	1000,74	12,96
BLOK 5																		
1	B21-B20	273	0,11	0,71	2,35	0,97	2,61	1,64	272,70	187,81	158,40	163,62	346,21	2,59	76,79	269,42	266,82	5,81
2	B26-B23	279	0,11	0,71	2,39	0,97	2,65	1,68	279,20	192,29	166,04	167,52	358,33	2,65	78,62	279,70	277,05	5,95
3	B31-B28	267	0,11	0,71	2,31	0,97	2,57	1,60	266,80	183,75	151,62	160,08	335,36	2,54	75,13	260,24	257,70	5,68
4	B35-B33	261	0,11	0,71	2,27	0,97	2,53	1,56	260,70	179,55	144,76	156,42	324,31	2,48	73,41	250,90	248,42	5,55
5	B40-B37	269	0,11	0,71	2,34	0,97	2,60	1,63	269,40	185,54	155,54	161,64	341,08	2,56	75,86	265,22	262,66	5,74
6	B45-B42	267	0,11	0,71	2,32	0,97	2,58	1,61	266,50	183,54	152,22	159,90	335,76	2,53	75,04	260,72	258,19	5,68
7	B50-B47	260	0,11	0,71	2,28	0,97	2,54	1,57	259,70	178,86	144,58	155,82	323,43	2,47	73,13	250,30	247,84	5,53
8	B55-B52	243	0,11	0,71	2,18	0,97	2,44	1,47	243,00	167,36	126,64	145,80	293,99	2,31	68,43	225,57	223,26	5,18
9	B60-B59	235	0,11	0,71	2,13	0,97	2,39	1,42	235,40	162,12	118,87	141,24	280,99	2,24	66,29	214,70	212,46	5,01
10	B63-B62	234	0,11	0,71	2,12	0,97	2,38	1,41	233,80	161,02	117,26	140,28	278,28	2,22	65,84	212,44	210,22	4,98
11	B66-B65	225	0,11	0,71	2,07	0,97	2,33	1,36	225,00	154,96	108,63	135,00	263,59	2,14	63,36	200,23	198,09	4,79
12	B71-B68	221	0,11	0,71	2,02	0,97	2,28	1,31	220,60	151,93	102,87	132,36	254,80	2,10	62,12	192,68	190,58	4,70
13	B74-B73	160	0,11	0,71	1,67	0,97	1,93	0,96	160,40	110,47	54,80	96,24	165,27	1,52	45,17	120,10	118,58	3,42
14	B77-B76	159	0,11	0,71	1,66	0,97	1,92	0,95	158,80	109,37	53,71	95,28	163,08	1,51	44,72	118,36	116,85	3,38
15	B79-B78	158	0,11	0,71	1,66	0,97	1,92	0,95	158,20	108,95	53,31	94,92	162,26	1,50	44,55	117,71	116,21	3,37
16	B81-B80	159	0,11	0,71	1,66	0,97	1,92	0,95	158,50	109,16	53,51	95,10	162,67	1,51	44,63	118,04	116,53	3,38
17	B83-B82	160	0,11	0,71	1,67	0,97	1,93	0,96	159,50	109,85	54,19	95,70	164,04	1,52	44,91	119,12	117,61	3,40
18	B82-B20	413	0,16	0,76	3,22	1,07	3,53	2,46	413,10	335,93	385,95	247,86	721,88	8,31	136,11	585,77	577,46	9,42
BLOK 6																		

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Bongkar Paving	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Volume Tanah Urug	Pasir Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II			m³	m³	m³	m²	m²
1	B88-B87	200	0,11	0,71	1,93	0,97	2,19	1,22	200,10	137,81	86,71	120,06	224,52	1,90	56,35	168,17	166,27	4,26
2	C4-C3	197	0,11	0,71	1,91	0,97	2,17	1,20	197,30	135,88	84,32	118,38	220,20	1,88	55,56	164,64	162,76	4,20
3	C6-C5	194	0,11	0,71	1,89	0,97	2,15	1,18	193,70	133,40	81,29	116,22	214,70	1,84	54,54	160,15	158,31	4,13
4	C8-C7	190	0,11	0,71	1,87	0,97	2,13	1,16	189,70	130,65	78,00	113,82	208,65	1,80	53,42	155,23	153,42	4,04
5	C16-CX15	185	0,11	0,71	1,84	0,97	2,10	1,13	184,90	127,34	74,13	110,94	201,48	1,76	52,07	149,41	147,65	3,94
6	C22-C21	180	0,11	0,71	1,81	0,97	2,07	1,10	179,60	123,69	69,98	107,76	193,67	1,71	50,57	143,10	141,39	3,83
7	C26-C25	175	0,11	0,71	1,78	0,97	2,04	1,07	175,00	120,52	66,47	105,00	187,00	1,66	49,28	137,72	136,06	3,73
8	C32-C31	172	0,11	0,71	1,76	0,97	2,02	1,05	171,70	118,25	64,01	103,02	182,27	1,63	48,35	133,92	132,28	3,66
9	C36-C35	166	0,11	0,71	1,73	0,97	1,99	1,02	166,30	114,53	60,09	99,78	174,62	1,58	46,83	127,79	126,21	3,54
10	C40-C39	163	0,11	0,71	1,71	0,97	1,97	1,00	163,00	112,26	57,75	97,80	170,01	1,55	45,90	124,11	122,56	3,47
11	C46-C45	159	0,11	0,71	1,69	0,97	1,95	0,98	159,20	109,64	55,11	95,52	164,76	1,51	44,83	119,93	118,41	3,39
12	C51-C50	156	0,11	0,71	1,66	0,97	1,92	0,95	155,80	107,30	52,81	93,48	160,11	1,48	43,87	116,24	114,76	3,32
13	C55-C54	130	0,11	0,71	1,51	0,97	1,77	0,80	129,60	89,26	36,70	77,76	125,95	1,23	36,49	89,46	88,23	2,76
14	C59-C58	148	0,11	0,71	1,62	0,97	1,88	0,91	148,10	102,00	47,77	88,86	149,77	1,41	41,70	108,06	106,66	3,15
15	C67-C70	66	0,11	0,71	1,10	0,97	1,36	0,39	66,31	45,67	9,13	39,78	54,79	0,63	18,67	36,12	35,49	1,41
16	C66-C69	51	0,11	0,71	1,01	0,97	1,27	0,30	51,11	35,20	5,38	30,66	40,58	0,49	14,39	26,19	25,70	1,09
17	C65-C68	53	0,11	0,71	1,02	0,97	1,28	0,31	52,51	36,16	5,68	31,50	41,85	0,50	14,78	27,06	26,56	1,12
18	C70-C73	71	0,11	0,71	1,14	0,97	1,40	0,43	71,01	48,90	10,74	42,60	59,64	0,68	19,99	39,65	38,97	1,51
19	C64-C72	71	0,11	0,71	1,14	0,97	1,40	0,43	70,51	48,56	10,84	42,30	59,39	0,67	19,85	39,54	38,87	1,50
20	C71-C73	68	0,11	0,71	1,13	0,97	1,39	0,42	68,01	46,84	10,09	40,80	56,93	0,65	19,15	37,78	37,13	1,45
21	C76-C75	38	0,11	0,71	0,94	0,97	1,20	0,23	37,91	26,11	3,06	22,74	29,17	0,36	10,67	18,50	18,14	0,81
22	C75-C78	33	0,11	0,71	0,90	0,97	1,16	0,19	33,11	22,81	2,22	19,86	25,02	0,31	9,32	15,70	15,39	0,71
23	C77-C79	54	0,11	0,71	1,02	0,97	1,28	0,31	53,91	37,13	6,00	32,34	43,12	0,51	15,18	27,95	27,43	1,15
24	C80-C74	163	0,16	0,76	1,74	1,07	2,05	0,98	163,30	132,80	60,80	97,98	193,60	3,28	53,81	139,79	136,51	3,72
25	C74-B71	631	0,16	0,76	3,93	1,07	4,24	3,17	631,20	513,29	759,38	378,72	1272,68	12,70	207,97	1064,71	1052,01	14,39
BLOK 7																		
1	B85-B84	160	0,11	0,71	1,67	0,97	1,93	0,96	160,00	110,19	54,53	96,00	164,72	1,52	45,05	119,67	118,15	3,41
2	B91-B90	113	0,11	0,71	1,39	0,97	1,65	0,68	112,60	77,55	27,01	67,56	104,56	1,07	31,71	72,85	71,78	2,40

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Bongkar Paving	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Volume Tanah Urug	Pasir Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II			m³	m³	m³	m²	m²
3	B94-B100	108	0,11	0,71	1,36	0,97	1,62	0,65	107,80	74,24	24,75	64,68	99,00	1,02	30,36	68,64	67,62	2,30
4	B95-C1	113	0,11	0,71	1,39	0,97	1,65	0,68	112,70	77,62	27,05	67,62	104,67	1,07	31,74	72,94	71,87	2,40
5	C1-B89	181	0,11	0,71	1,79	0,97	2,05	1,08	180,60	124,38	69,47	108,36	193,85	1,72	50,86	143,00	141,28	3,85
6	C14-C13	199	0,11	0,71	1,89	0,97	2,15	1,18	198,60	136,78	83,31	119,16	220,08	1,89	55,92	164,16	162,27	4,23
7	C20-C17	266	0,11	0,71	2,30	0,97	2,56	1,59	266,04	183,22	149,81	159,62	333,03	2,53	74,91	258,12	255,59	5,67
8	C24-C23	275	0,11	0,71	2,35	0,97	2,61	1,64	275,10	189,46	160,22	165,06	349,68	2,62	77,47	272,22	269,60	5,86
9	C30-C27	275	0,11	0,71	2,35	0,97	2,61	1,64	274,80	189,26	159,87	164,88	349,13	2,61	77,38	271,75	269,13	5,85
10	C34-C33	291	0,11	0,71	2,45	0,97	2,71	1,74	291,40	200,69	179,83	174,84	380,52	2,77	82,06	298,46	295,69	6,21
11	C38-C37	289	0,11	0,71	2,44	0,97	2,70	1,73	289,20	199,17	177,12	173,52	376,29	2,75	81,44	294,86	292,11	6,16
12	C44-C41	302	0,11	0,71	2,47	0,97	2,73	1,76	302,30	208,20	189,28	181,38	397,48	2,87	85,13	312,35	309,48	6,44
13	C49-C48	223	0,11	0,71	2,00	0,97	2,26	1,29	222,80	153,44	101,78	133,68	255,22	2,12	62,74	192,48	190,36	4,75
14	C53-C52	159	0,11	0,71	1,61	0,97	1,87	0,90	158,50	109,16	50,70	95,10	159,86	1,51	44,63	115,23	113,72	3,38
15	C57-C56	133	0,11	0,71	1,46	0,97	1,72	0,75	132,80	91,46	35,21	79,68	126,67	1,26	37,40	89,27	88,01	2,83
16	C63-C60	61	0,11	0,71	1,03	0,97	1,29	0,32	61,01	42,02	6,84	36,60	48,86	0,58	17,18	31,68	31,10	1,30
17	C60-C41	287	0,16	0,76	2,43	1,07	2,74	1,67	287,00	233,39	182,35	172,20	415,74	5,77	94,56	321,18	315,40	6,54
18	C74-C81	355	0,11	0,71	2,44	0,97	2,70	1,73	355,10	244,56	217,52	213,06	462,08	3,38	99,99	362,08	358,71	7,56
19	C81-B84	298	0,16	0,76	2,29	1,07	2,60	1,53	297,70	242,09	172,91	178,62	415,00	5,99	98,09	316,92	310,93	6,79
PIPA MENUJU IPAL																		
1	C81-B84	298	0,20	2,53	3,76	2,88	4,11	1,23	297,71	684,86	146,56	178,62	831,42	9,36	109,72	721,70	712,34	7,14
2	B84-B20	413	0,25	3,83	5,05	4,23	5,45	1,22	413,12	1484,08	214,07	247,86	1698,15	20,29	172,84	1525,31	1505,02	10,53
3	C74-B71	455	0,16	1,74	3,12	2,05	3,43	1,38	455,20	709,14	237,95	273,12	947,09	9,16	149,98	797,10	787,95	10,38
4	B71-B20	631	0,25	3,20	5,09	3,60	5,49	1,89	631,21	1929,04	507,98	378,72	2437,01	31,00	264,09	2172,92	2141,93	16,10
5	B20-A48	351	0,40	5,20	5,91	5,75	6,46	0,71	350,95	2016,40	124,89	210,54	2141,29	44,11	201,52	1939,77	1895,66	10,53
6	A48-A1	566	0,40	5,91	6,85	6,46	7,40	0,94	566,24	3656,42	266,79	339,72	3923,21	71,18	325,16	3598,05	3526,87	16,99
7	A75-A1	1171	0,20	2,40	6,89	2,75	7,24	4,49	1171,03	2576,84	2105,10	702,62	4681,93	36,80	431,61	4250,33	4213,52	28,10
8	A1-E3	210	0,40	1,00	2,00	1,55	2,55	1,00	210,17	325,76	105,16	126,10	430,92	26,42	120,69	310,23	283,81	6,30

Tabel Urugan Zona 2

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Bongkar Paving	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Volume Tanah Urug	Pasir Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II			m²	m³	m³	m³	m²
BLOK 8																		
1	D3-D15	81	0,11	0,71	1,11	0,97	1,37	0,40	80,51	55,44	11,50	48,30	66,95	0,77	22,67	44,28	43,51	1,71
2	D4-D16	94	0,11	0,71	1,18	0,97	1,44	0,47	94,20	64,88	15,75	56,52	80,63	0,90	26,53	54,10	53,21	2,01
3	D5-D17	146	0,11	0,71	1,44	0,97	1,70	0,73	145,60	100,28	37,63	87,36	137,91	1,38	41,00	96,91	95,52	3,10
4	D15-D20	171	0,11	0,71	1,42	0,97	1,68	0,71	171,40	118,05	42,93	102,84	160,98	1,63	48,27	112,71	111,08	3,65
5	D6-D5	74	0,11	0,71	1,07	0,97	1,33	0,36	74,11	51,04	9,48	44,46	60,52	0,70	20,87	39,65	38,95	1,58
6	D8-D7	108	0,11	0,71	1,25	0,97	1,51	0,54	108,20	74,52	20,78	64,92	95,30	1,03	30,47	64,83	63,80	2,30
7	D10-D9	78	0,11	0,71	1,10	0,97	1,36	0,39	77,71	53,52	10,72	46,62	64,23	0,74	21,88	42,35	41,61	1,66
8	D12-D11	47	0,11	0,71	0,94	0,97	1,20	0,23	46,51	32,03	3,84	27,90	35,87	0,44	13,09	22,78	22,33	0,99
9	D14-D13	67	0,11	0,71	1,05	0,97	1,31	0,34	67,31	46,35	8,04	40,38	54,39	0,64	18,95	35,44	34,80	1,43
10	D19-D18	85	0,11	0,71	1,14	0,97	1,40	0,43	85,31	58,75	12,92	51,18	71,66	0,81	24,02	47,65	46,83	1,82
11	D20-D17	114	0,11	0,71	1,28	0,97	1,54	0,57	114,40	78,79	23,23	68,64	102,02	1,09	32,21	69,81	68,72	2,44
12	D20-D2	434	0,11	0,71	2,77	0,97	3,03	2,06	433,50	298,55	316,63	260,10	615,19	4,12	122,07	493,12	488,99	9,23
BLOK 9																		
1	C81-C82	103	0,11	0,71	1,23	0,97	1,49	0,52	103,00	70,94	18,83	61,80	89,77	0,98	29,00	60,77	59,79	2,19
2	C83-C84	99	0,11	0,71	1,20	0,97	1,46	0,49	98,80	68,05	17,33	59,28	85,37	0,94	27,82	57,55	56,61	2,10
3	C85-C86	101	0,11	0,71	1,21	0,97	1,47	0,50	100,90	69,49	18,07	60,54	87,56	0,96	28,41	59,15	58,19	2,15
4	C87-C88	103	0,11	0,71	1,22	0,97	1,48	0,51	102,70	70,73	18,72	61,62	89,45	0,98	28,92	60,53	59,56	2,19
5	C89-C90	103	0,11	0,71	1,22	0,97	1,48	0,51	102,90	70,87	18,79	61,74	89,66	0,98	28,98	60,69	59,71	2,19
6	C91-C92	99	0,11	0,71	1,20	0,97	1,46	0,49	98,80	68,05	17,33	59,28	85,37	0,94	27,82	57,55	56,61	2,10
7	C94-C93	25	0,11	0,71	0,84	0,97	1,10	0,13	25,02	17,23	1,11	15,00	18,34	0,24	7,04	11,30	11,06	0,53
8	C96-C95	50	0,11	0,71	0,96	0,97	1,22	0,25	49,61	34,17	4,37	29,76	38,53	0,47	13,97	24,57	24,09	1,06
9	C97-C98	99	0,11	0,71	1,21	0,97	1,47	0,50	99,40	68,46	17,54	59,64	86,00	0,95	27,99	58,01	57,06	2,12
10	C99-C100	99	0,11	0,71	1,20	0,97	1,46	0,49	98,80	68,05	17,33	59,28	85,37	0,94	27,82	57,55	56,61	2,10
11	D1-D2	94	0,11	0,71	1,18	0,97	1,44	0,47	94,20	64,88	15,75	56,52	80,63	0,90	26,53	54,10	53,21	2,01
12	D2-C82	706	0,11	0,71	4,24	0,97	4,50	3,53	706,10	486,29	884,97	423,66	1371,27	6,71	198,83	1172,43	1165,72	15,04
PIPA MENUJU PERLINTASAN 1																		
1	D20-D2	434	0,11	1,42	3,04	1,68	3,30	1,62	433,50	515,73	249,92	260,10	765,65	4,12	122,07	643,58	639,46	9,23

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Bongkar Paving	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Volume Tanah Urug	Pasir Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II			m³	m³	m³	m²	m²
2	D2-C82	706	0,16	3,09	5,21	3,40	5,52	2,12	706,11	1824,37	568,38	423,66	2392,75	14,20	232,65	2160,10	2145,89	16,10
3	C82-B14	97	0,16	5,21	5,61	5,52	5,92	0,40	96,66	405,34	14,65	57,90	419,99	1,94	31,80	388,20	386,26	2,20

Tabel Urugan Zona 3

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Bongkar Paving	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Volume Tanah Urug	Pasir Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II			m²	m³	m³	m³	m²
BLOK 10																		
1	D49-D29	623	0,11	0,71	3,83	0,97	4,09	3,12	623,30	429,27	689,59	373,98	1118,86	5,93	175,52	943,34	937,42	13,28
2	D50-D30	560	0,11	0,71	3,51	0,97	3,77	2,80	560,40	385,95	557,44	336,24	943,38	5,33	157,80	785,58	780,25	11,94
3	D51-D32	548	0,11	0,71	3,45	0,97	3,71	2,74	548,00	377,41	533,04	328,80	910,45	5,21	154,31	756,13	750,92	11,67
4	D32-D29	99	0,11	0,71	1,10	0,97	1,36	0,39	98,60	67,91	13,81	59,16	81,71	0,94	27,77	53,95	53,01	2,10
BLOK 11																		
1	D58-D56	83	0,11	0,71	1,12	0,97	1,38	0,41	82,51	56,82	12,08	49,50	68,90	0,78	23,23	45,67	44,89	1,76
2	D55-D54	54	0,11	0,71	0,98	0,97	1,24	0,27	54,31	37,40	5,23	32,58	42,64	0,52	15,29	27,35	26,83	1,16
3	D61-D59	125	0,11	0,71	1,34	0,97	1,60	0,63	125,10	86,16	27,78	75,06	113,94	1,19	35,23	78,71	77,52	2,66
4	D67-D69	131	0,11	0,71	1,37	0,97	1,63	0,66	131,30	90,43	30,60	78,78	121,03	1,25	36,97	84,06	82,81	2,80
5	D71-D69	131	0,11	0,71	1,37	0,97	1,63	0,66	131,30	90,43	30,60	78,78	121,03	1,25	36,97	84,06	82,81	2,80
6	D75-D69	158	0,11	0,71	1,50	0,97	1,76	0,79	157,90	108,75	44,26	94,74	153,00	1,50	44,46	108,54	107,04	3,36
7	D82-D69	183	0,11	0,71	1,62	0,97	1,88	0,91	182,90	125,97	59,38	109,74	185,34	1,74	51,50	133,84	132,10	3,90
8	D69-D68	27	0,11	0,71	0,85	0,97	1,11	0,14	27,32	18,81	1,32	16,38	20,14	0,26	7,69	12,45	12,19	0,58
9	D80-D49	477	0,11	0,71	3,09	0,97	3,35	2,38	476,90	328,44	403,69	286,14	732,14	4,53	134,29	597,84	593,31	10,16
BLOK 12																		
1	D100-D99	167	0,11	0,71	1,54	0,97	1,80	0,83	166,80	114,88	49,38	100,08	164,26	1,59	46,97	117,29	115,71	3,55
2	D98-D96	164	0,11	0,71	1,53	0,97	1,79	0,82	163,70	112,74	47,57	98,22	160,31	1,56	46,10	114,21	112,65	3,49
3	D95-D93	106	0,11	0,71	1,24	0,97	1,50	0,53	105,70	72,80	19,83	63,42	92,63	1,00	29,76	62,87	61,86	2,25

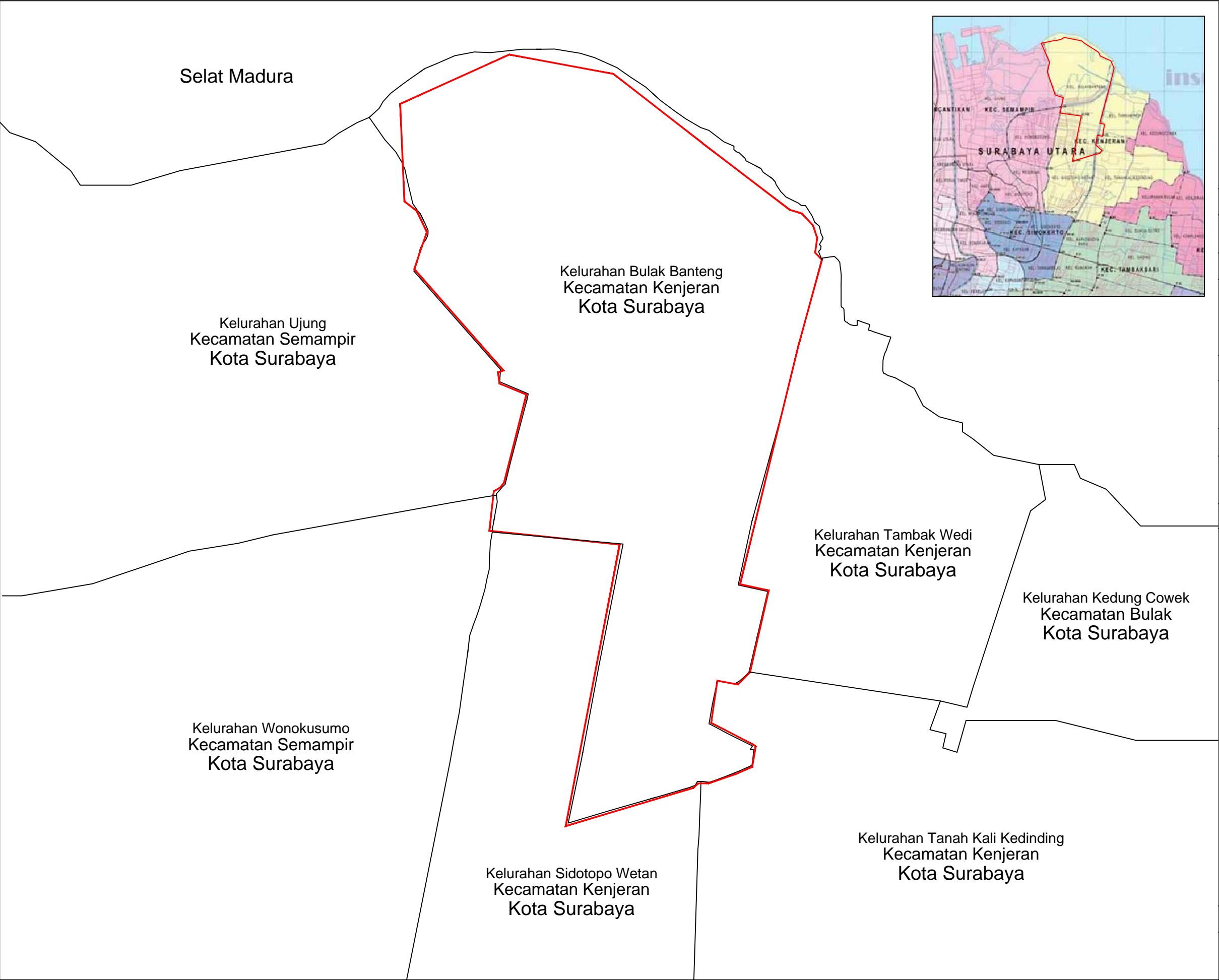
No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)		Bongkar Paving	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Volume Tanah Urug	Pasir Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II			m³	m³	m³	m²	m²
4	D92-D89	168	0,11	0,71	1,55	0,97	1,81	0,84	168,40	115,98	50,34	101,04	166,32	1,60	47,42	118,90	117,29	3,59
5	D88-D86	167	0,11	0,71	1,54	0,97	1,80	0,83	166,80	114,88	49,38	100,08	164,26	1,59	46,97	117,29	115,71	3,55
6	D85-D83	163	0,11	0,71	1,52	0,97	1,78	0,81	162,60	111,98	46,93	97,56	158,91	1,55	45,79	113,13	111,58	3,46
7	D99 - E4	190	0,11	0,71	1,66	0,97	1,92	0,95	190,40	131,13	64,35	114,24	195,48	1,81	53,62	141,86	140,05	4,06
BLOK 13																		
1	D32-D24	226	0,11	0,71	1,84	0,97	2,10	1,13	225,50	155,30	90,26	135,30	245,56	2,14	63,50	182,06	179,92	4,80
2	D31-D23	229	0,11	0,71	1,86	0,97	2,12	1,15	229,00	157,71	93,08	137,40	250,80	2,18	64,48	186,31	184,13	4,88
3	D29-D22	186	0,11	0,71	1,64	0,97	1,90	0,93	186,30	128,31	61,61	111,78	189,91	1,77	52,46	137,45	135,68	3,97
4	D22-E3	42	0,11	0,71	0,92	0,97	1,18	0,21	41,51	28,59	3,06	24,90	31,65	0,39	11,69	19,96	19,57	0,88
PIPA HASIL PROYEKSI (SEKUNDER)																		
1	D80-D49	477	0,20	0,80	2,71	1,15	3,06	1,91	476,90	438,75	363,89	286,14	802,64	14,99	175,77	626,87	611,88	11,45
2	D49-D29	623	0,25	2,76	5,25	3,16	5,65	2,49	623,31	1672,93	660,45	373,98	2333,39	30,61	260,78	2072,60	2042,00	15,89
3	D29-E3	186	0,25	5,25	6,00	5,65	6,40	0,75	186,39	895,24	59,00	111,78	954,25	9,15	77,95	876,30	867,15	4,75
4	E4-X	735	0,20	1,85	3,22	2,20	3,57	1,37	735,30	1295,31	403,12	441,18	1698,43	23,11	271,01	1427,42	1404,31	17,65
5	E3-X	281	0,50	1,10	1,56	1,75	2,21	0,46	280,71	540,36	71,23	168,42	611,59	55,14	191,88	419,71	364,58	9,26
6	X-IPAL	70	0,50	1,56	1,70	2,21	2,35	0,14	69,64	169,39	5,33	41,76	174,72	13,67	47,58	127,14	113,47	2,30

Tabel *Total Benefit* Perencanaan SPAL dan IPAL Kelurahan Bulak Banteng

Thn	SR	Tarif	Retribusi	Pupuk	Biaya Kesehatan	Produktivitas	Subsidi Obat	Perbaikan Ling.	Total Benefit	DF	Benefit
2019	8858	6000	Rp637.766.413	Rp5.344.208.392	Rp1.629.847.500	Rp3.259.695.000	Rp1.955.817.000	Rp26.700.000.000	Rp39.527.334.305	1,06	Rp37.311.057.490
2020	8940	6000	Rp643.706.609	Rp5.393.984.678	Rp1.645.028.000	Rp3.290.056.000	Rp1.974.033.600	Rp26.700.000.000	Rp39.646.808.886	1,12	Rp35.325.498.579
2021	9023	6000	Rp649.646.804	Rp5.443.760.964	Rp1.660.208.500	Rp3.320.417.000	Rp1.992.250.200	Rp26.700.000.000	Rp39.766.283.468	1,19	Rp33.445.300.179
2022	9105	6000	Rp655.587.000	Rp5.493.537.250	Rp1.675.389.000	Rp3.350.778.000	Rp2.010.466.800	Rp26.700.000.000	Rp39.885.758.050	1,26	Rp31.664.889.445
2023	9188	6000	Rp661.527.196	Rp5.543.313.536	Rp1.690.569.500	Rp3.381.139.000	Rp2.028.683.400	Rp26.700.000.000	Rp40.005.232.632	1,33	Rp29.978.987.234
2024	9270	6000	Rp667.467.391	Rp5.593.089.822	Rp1.705.750.000	Rp3.411.500.000	Rp2.046.900.000	Rp26.700.000.000	Rp40.124.707.213	1,41	Rp28.382.592.690
2025	9353	7000	Rp785.642.185	Rp5.642.866.108	Rp1.720.930.500	Rp3.441.861.000	Rp2.065.116.600	Rp26.700.000.000	Rp40.356.416.393	1,50	Rp26.945.907.475
2026	9435	7000	Rp792.572.413	Rp5.692.642.394	Rp1.736.111.000	Rp3.472.222.000	Rp2.083.333.200	Rp26.700.000.000	Rp40.476.881.007	1,59	Rp25.510.988.752
2027	9518	7000	Rp799.502.641	Rp5.742.418.680	Rp1.751.291.500	Rp3.502.583.000	Rp2.101.549.800	Rp26.700.000.000	Rp40.597.345.622	1,68	Rp24.152.268.140
2028	9600	7000	Rp806.432.870	Rp5.792.194.967	Rp1.766.472.000	Rp3.532.944.000	Rp2.119.766.400	Rp26.700.000.000	Rp40.717.810.236	1,78	Rp22.865.711.942
2029	9683	7000	Rp813.363.098	Rp5.841.971.253	Rp1.781.652.500	Rp3.563.305.000	Rp2.137.983.000	Rp26.700.000.000	Rp40.838.274.851	1,89	Rp21.647.499.242
2030	9765	8000	Rp937.478.087	Rp5.891.747.539	Rp1.796.833.000	Rp3.593.666.000	Rp2.156.199.600	Rp26.700.000.000	Rp41.075.924.226	2,00	Rp20.552.644.999
2031	9848	8000	Rp945.398.348	Rp5.941.523.825	Rp1.812.013.500	Rp3.624.027.000	Rp2.174.416.200	Rp26.700.000.000	Rp41.197.378.873	2,12	Rp19.457.632.374
2032	9930	8000	Rp953.318.609	Rp5.991.300.111	Rp1.827.194.000	Rp3.654.388.000	Rp2.192.632.800	Rp26.700.000.000	Rp41.318.833.520	2,24	Rp18.420.800.197
2033	10013	8000	Rp961.238.870	Rp6.041.076.397	Rp1.842.374.500	Rp3.684.749.000	Rp2.210.849.400	Rp26.700.000.000	Rp41.440.288.167	2,38	Rp17.439.066.660
2034	10095	8000	Rp969.159.130	Rp6.090.852.683	Rp1.857.555.000	Rp3.715.110.000	Rp2.229.066.000	Rp26.700.000.000	Rp41.561.742.814	2,52	Rp16.509.512.636
2035	10178	8000	Rp977.079.391	Rp6.140.628.969	Rp1.872.735.500	Rp3.745.471.000	Rp2.247.282.600	Rp26.700.000.000	Rp41.683.197.461	2,67	Rp15.629.373.131
2036	10260	9000	Rp1.108.124.609	Rp6.190.405.256	Rp1.887.916.000	Rp3.775.832.000	Rp2.265.499.200	Rp26.700.000.000	Rp41.927.777.064	2,83	Rp14.839.607.106
2037	10343	9000	Rp1.117.034.902	Rp6.240.181.542	Rp1.903.096.500	Rp3.806.193.000	Rp2.283.715.800	Rp26.700.000.000	Rp42.050.221.744	2,99	Rp14.048.465.424
2038	10425	9000	Rp1.125.945.196	Rp6.289.957.828	Rp1.918.277.000	Rp3.836.554.000	Rp2.301.932.400	Rp26.700.000.000	Rp42.172.666.423	3,17	Rp13.299.388.989
2039	10508	9000	Rp1.134.855.489	Rp6.339.734.114	Rp1.933.457.500	Rp3.866.915.000	Rp2.320.149.000	Rp26.700.000.000	Rp42.295.111.103	3,36	Rp12.590.147.831
2040	10590	9000	Rp1.143.765.783	Rp6.389.510.400	Rp1.948.638.000	Rp3.897.276.000	Rp2.338.365.600	Rp26.700.000.000	Rp42.417.555.783	3,56	Rp11.918.629.798
Jumlah											Rp491.935.970.312

Tabel *Total Cost* Perencanaan SPAL dan IPAL Kelurahan Bulak Banteng

Tahun	Sambungan Rumah	Biaya Operasional	<i>Total Cost</i> (Tahun)	DF	<i>Total Cost</i>
2019	8858	5869	Rp623.841.846	1,06	Rp588.863.363
2020	8940	5869	Rp629.652.348	1,12	Rp561.023.289
2021	9023	5869	Rp635.462.849	1,19	Rp534.453.911
2022	9105	5869	Rp641.273.351	1,26	Rp509.100.259
2023	9188	5869	Rp647.083.852	1,33	Rp484.909.530
2024	9270	5869	Rp652.894.353	1,41	Rp461.831.021
2025	9353	6869	Rp770.939.452	1,50	Rp514.754.902
2026	9435	6869	Rp777.739.986	1,59	Rp490.178.975
2027	9518	6869	Rp784.540.520	1,68	Rp466.740.688
2028	9600	6869	Rp791.341.054	1,78	Rp444.389.728
2029	9683	6869	Rp798.141.588	1,89	Rp423.077.848
2030	9765	7869	Rp922.126.883	2,00	Rp461.393.063
2031	9848	7869	Rp929.917.450	2,12	Rp439.202.502
2032	9930	7869	Rp937.708.016	2,24	Rp418.049.847
2033	10013	7869	Rp945.498.583	2,38	Rp397.888.469
2034	10095	7869	Rp953.289.150	2,52	Rp378.673.708
2035	10178	7869	Rp961.079.716	2,67	Rp360.362.794
2036	10260	8869	Rp1.091.995.239	2,83	Rp386.492.713
2037	10343	8869	Rp1.100.775.839	2,99	Rp367.755.761
2038	10425	8869	Rp1.109.556.438	3,17	Rp349.904.901
2039	10508	8869	Rp1.118.337.037	3,36	Rp332.899.672
2040	10590	8869	Rp1.127.117.636	3,56	Rp316.701.366
Jumlah					Rp9.688.648.308



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

PETA WILAYAH PERENCANAAN

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

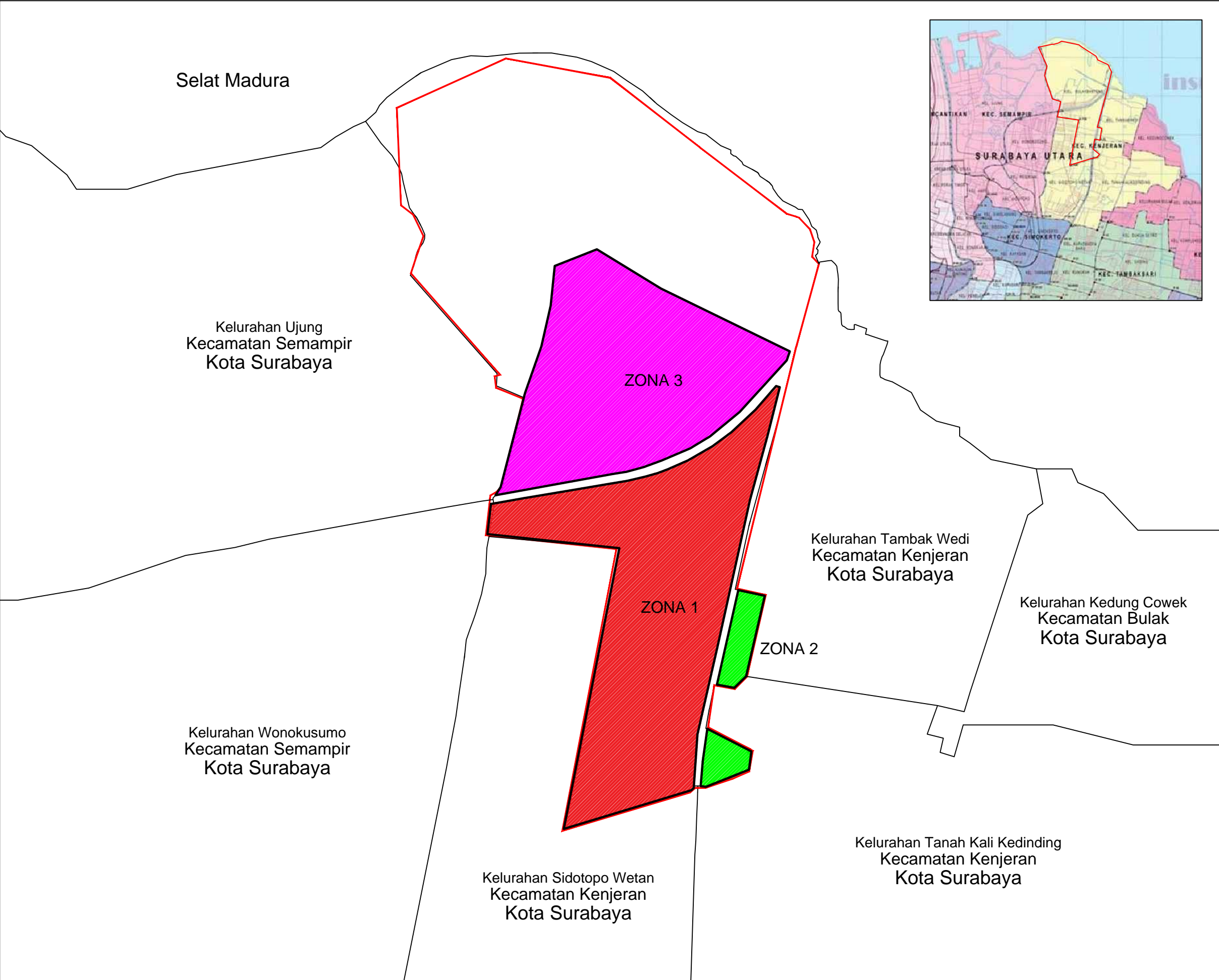
- Batas Kelurahan
- Wilayah Perencanaan

SKALA

1 : 15.000

NO.GAMBAR

01



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

PETA ZONA PELAYANAN

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

- Zona 1
- Zona 2
- Zona 3
- Batas Wilayah Perencanaan

SKALA

1 : 15.000

NO.GAMBAR

02



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

SPAL BLOK 1,2,3,10,11,12,13

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

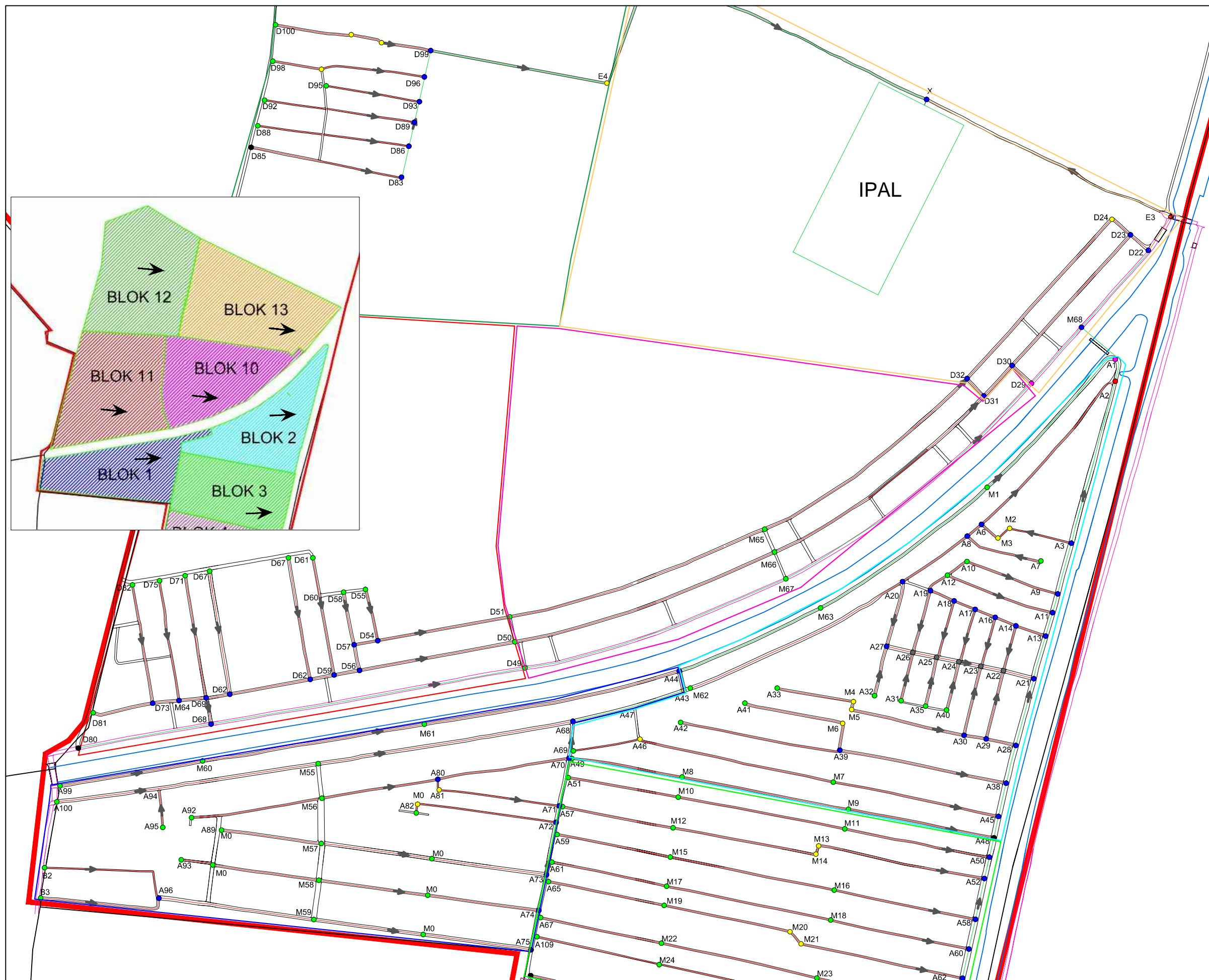
- Jalan Kolektor
- Jalan Lokal
- Sungai
- Batas Kelurahan
- Manhole Lurus
- Manhole Belokan
- Manhole Pertigaan
- Manhole Perempatan
- Drop Manhole
- Arah Aliran
- Pipa Tersier
- Pipa Sekunder
- Pipa Primer
- Titik Penggelontoran
- Stasiun Pompa

SKALA

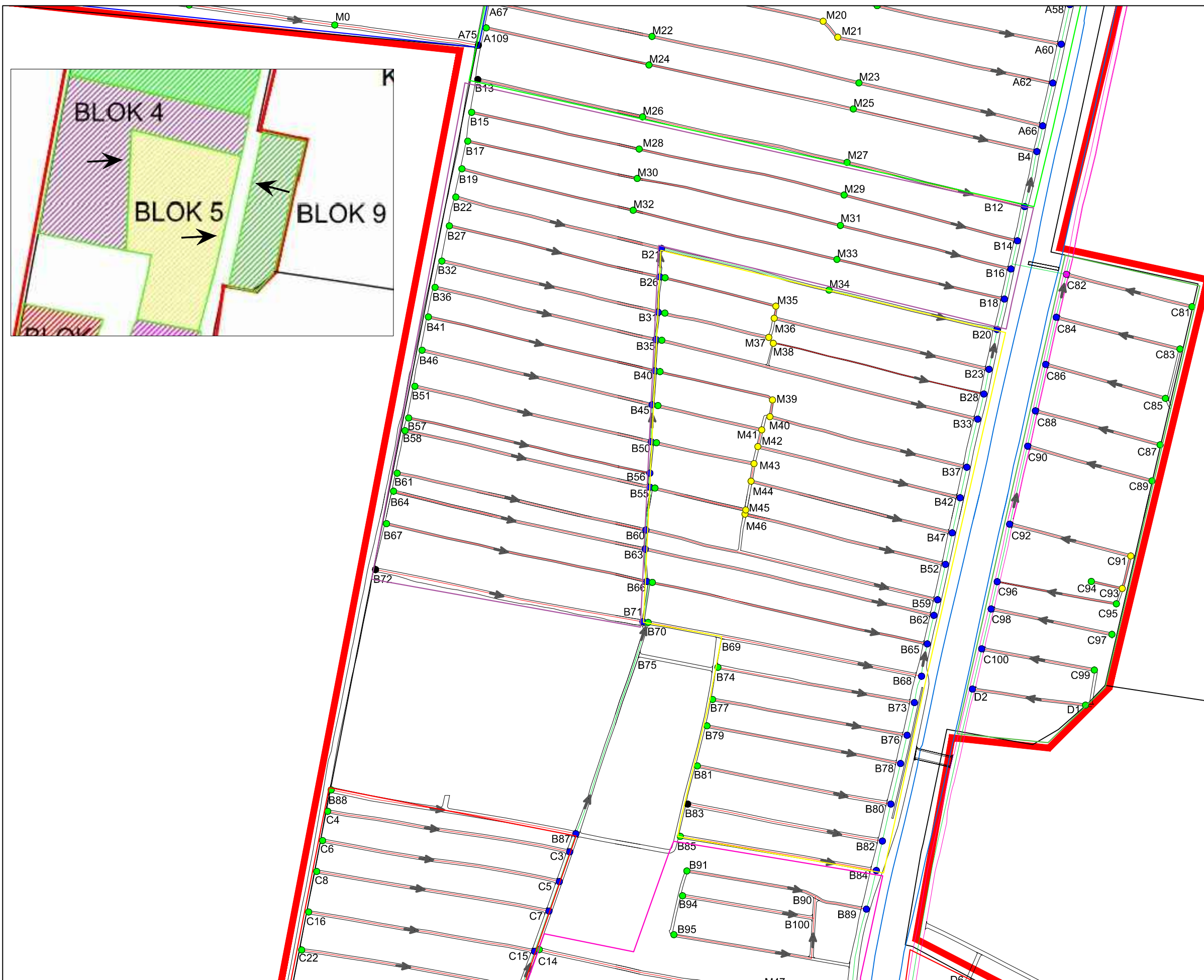
1 : 4.000

NO.GAMBAR

04



IPAL



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

SPAL BLOK 4, 5, 9

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

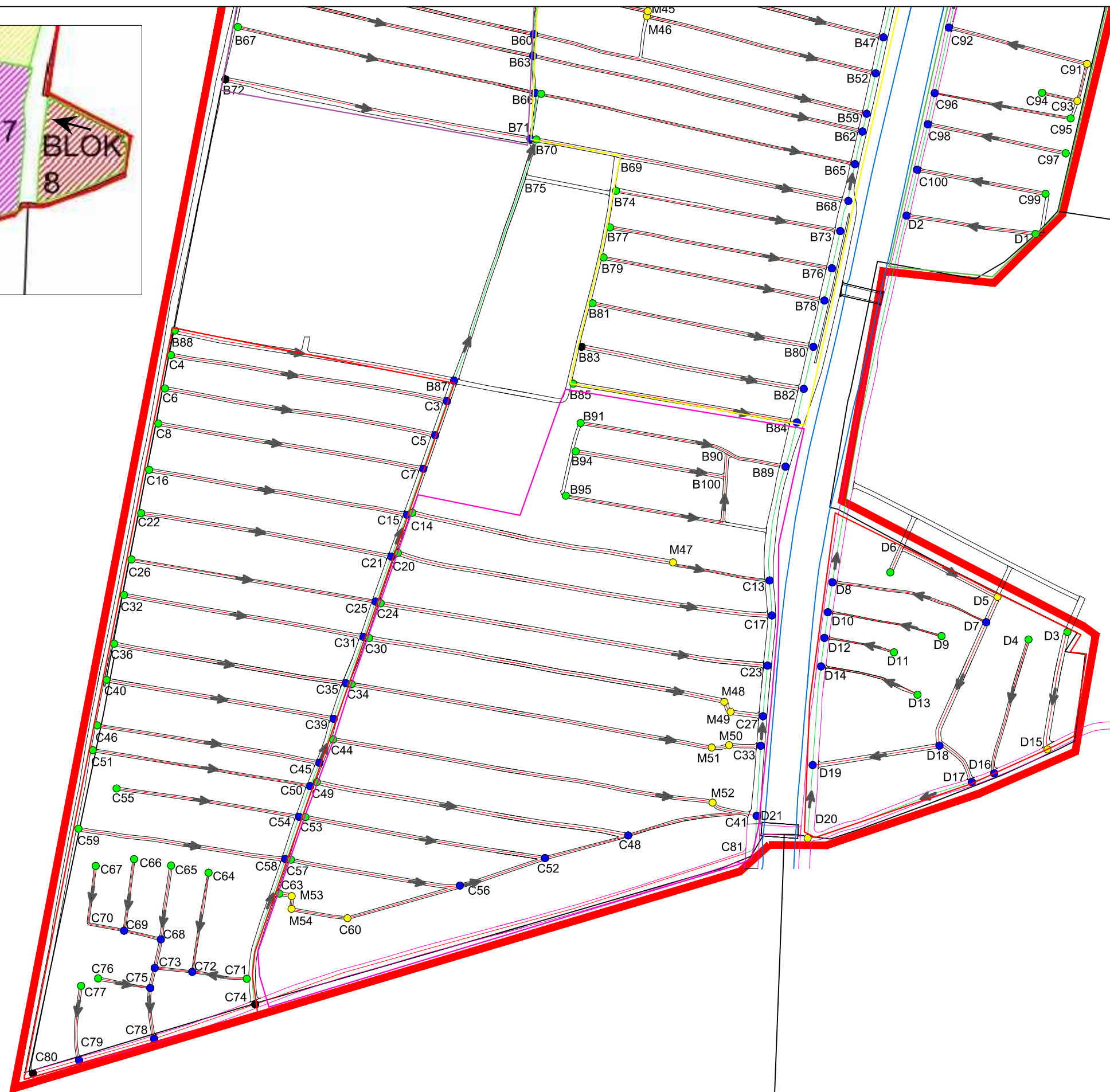
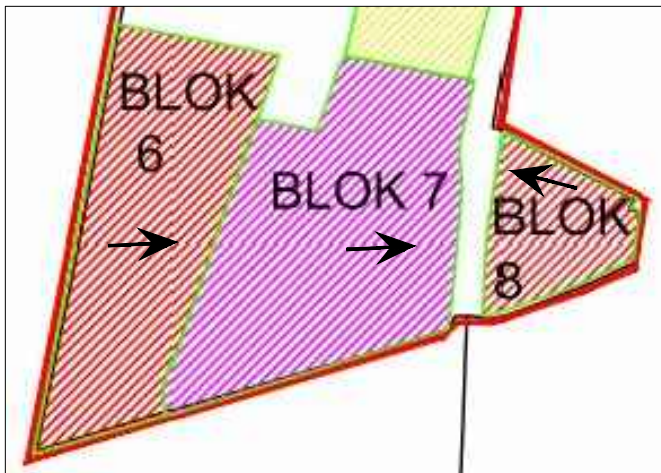
- Jalan Kolektor
- Jalan Lokal
- Sungai
- Batas Kelurahan
- Manhole Lurus
- Manhole Belokan
- Manhole Pertigaan
- Manhole Perempatan
- Drop Manhole
- Arah Aliran
- Pipa Tersier
- Pipa Sekunder
- Pipa Primer
- Titik Penggelontoran
- Stasiun Pompa

SKALA

1 : 3.000

NO.GAMBAR

05



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

SPAL BLOK 6, 7, 8

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

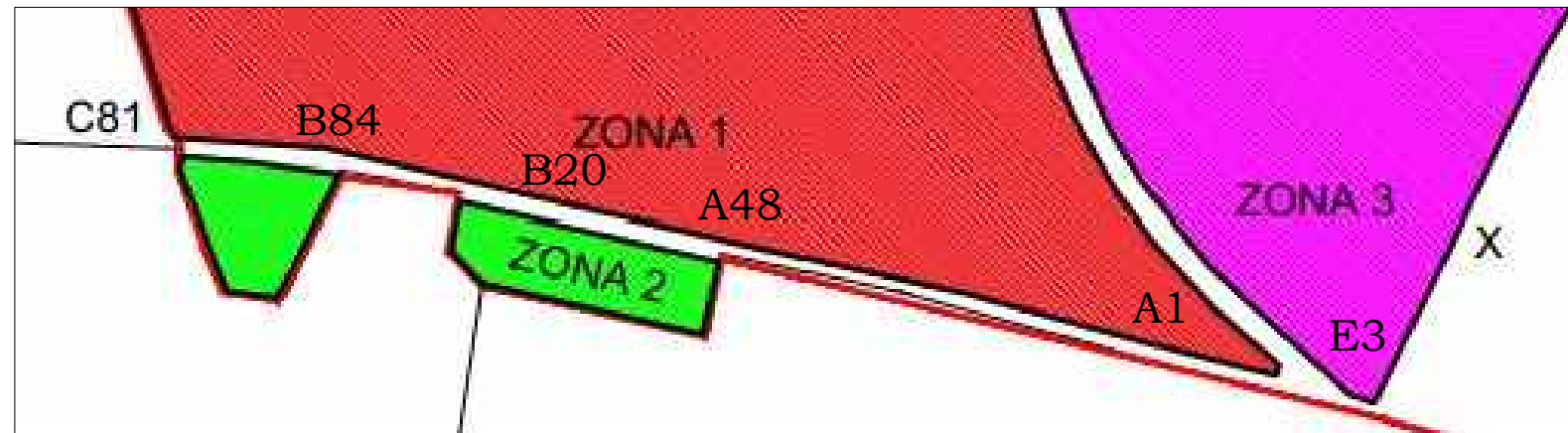
- Jalan Kolektor
- Jalan Lokal
- Sungai
- Batas Kelurahan
- Manhole Lurus
- Manhole Belokan
- Manhole Pertigaan
- Manhole Perempatan
- Drop Manhole
- Arah Aliran
- Pipa Tersier
- Pipa Sekunder
- Pipa Primer
- Titik Penggelontoran
- Stasiun Pompa

SKALA

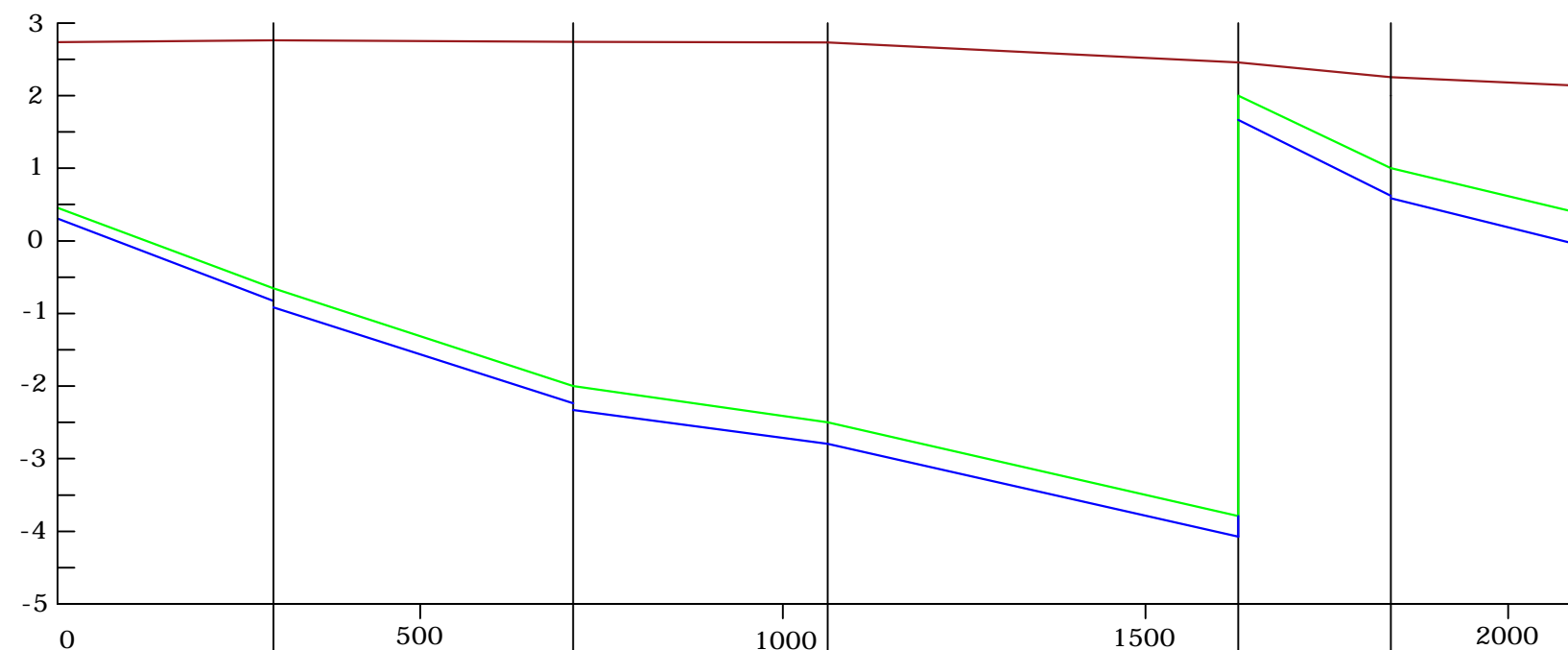
1 : 3.000

NO.GAMBAR

06



Jalur C81 - X



JALUR	C81	B84	B20	A48	A1	E3	X
Panjang Pipa (m)	297,7	413,1	350,9	566,2	210,1	280,7	
Elevasi Muka Tanah (m)	2,79	2,83	2,83	2,83	2,84	2,84	2,65
Elevasi Atas Pipa (m)	0,46	-0,73	-0,73	-1,97	-1,97	-2,67	-2,67
Elevasi Bawah Pipa (m)	0,26	-0,93	-0,98	-2,22	-2,37	-3,07	-3,07
Slope	0,004	0,003	0,002	0,002	0,005	0,004	
Diameter (mm)	200	250	400	400	400	500	
Manhole Lurus (buah)	0	0	0	0	0	0	0
Manhole Belokan (buah)	0	0	0	0	0	0	0
Manhole Pertigaan(buah)	8	18	13	9	0	0	
Drop Manhole (buah)	0	0	0	0	1	1	



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS
JALUR C81-X

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

- Muka Tanah
- Elevasi Atas Pipa
- Elevasi Bawah Pipa

SKALA

1 : 100

NO.GAMBAR

07



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS
JALUR D83-X

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

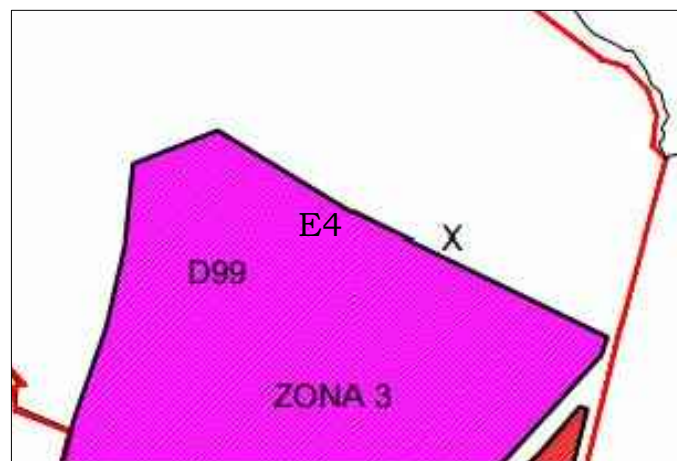
- Muka Tanah
- Elevasi Atas Pipa
- Elevasi Bawah Pipa

SKALA

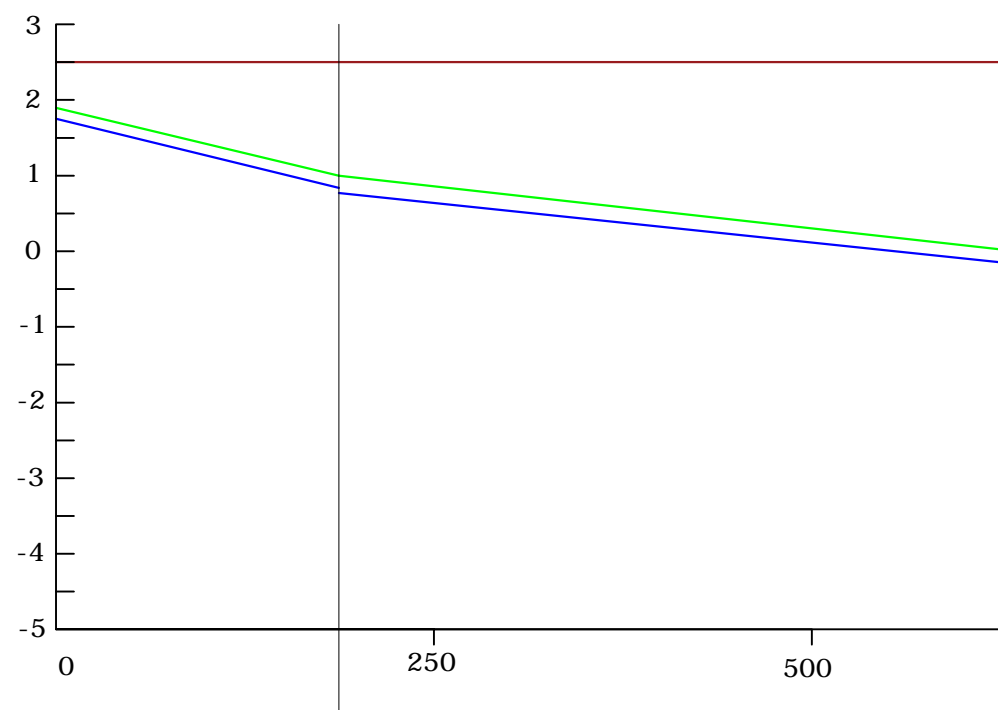
1 : 100

NO.GAMBAR

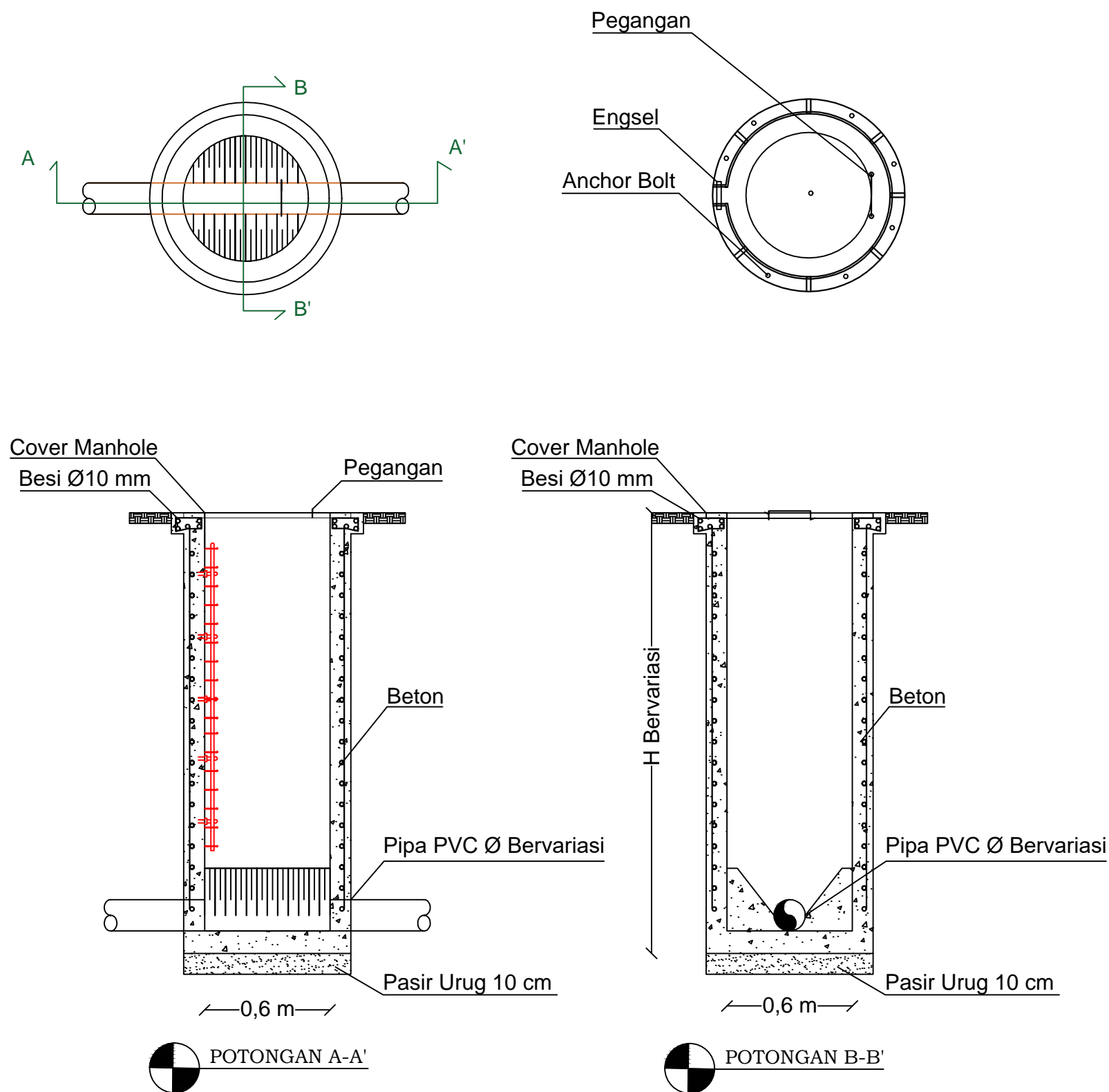
08



Jalur D99 - X



JALUR	D99	E4	X
Panjang Pipa (m)	190,4	435,3	
Elevasi Muka Tanah (m)	2,50	2,50	2,50
Elevasi Atas Pipa (m)	1,90	0,95	0,08
Elevasi Bawah Pipa (m)	1,79	0,84	-0,12
Slope	0,005	0,002	
Diameter (mm)	110	190	
Manhole Lurus (buah)	0	0	
Manhole Belokan (buah)	0	1	
Manhole Pertigaan(buah)	0	0	
Drop Manhole (buah)	0	0	



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

MANHOLE LURUS

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

	Pasir Urug
	Beton Bertulang
	Muka Tanah

SKALA

1 : 25

NO.GAMBAR

09



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

MANHOLE BELOKAN




MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

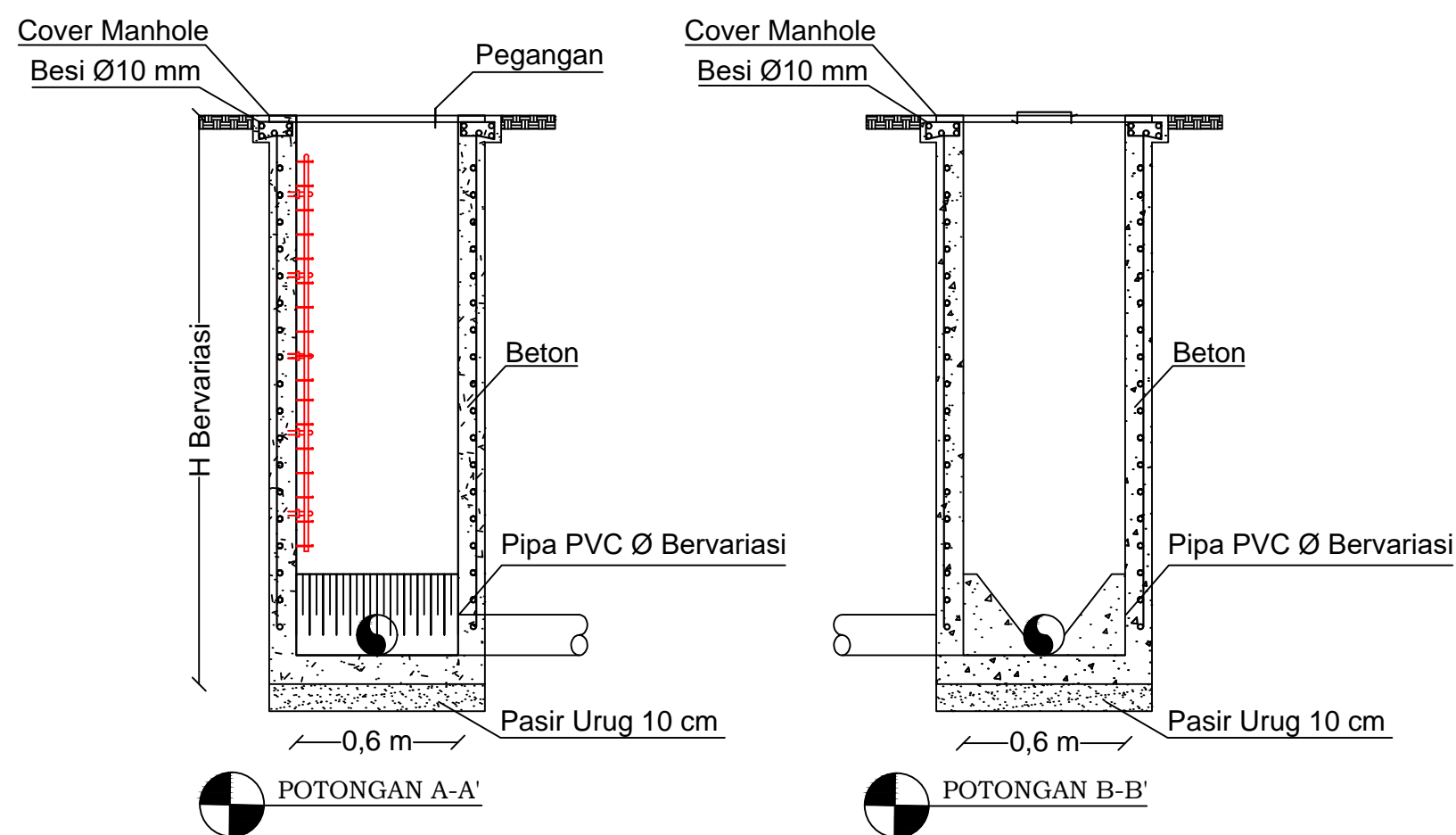
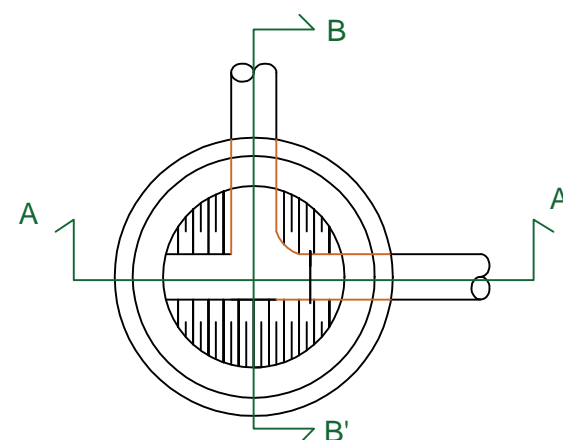
-  Pasir Urug
-  Beton Bertulang
-  Muka Tanah

SKALA

1 : 25

NO.GAMBAR

10





TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

MANHOLE PERTIGAAN




MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

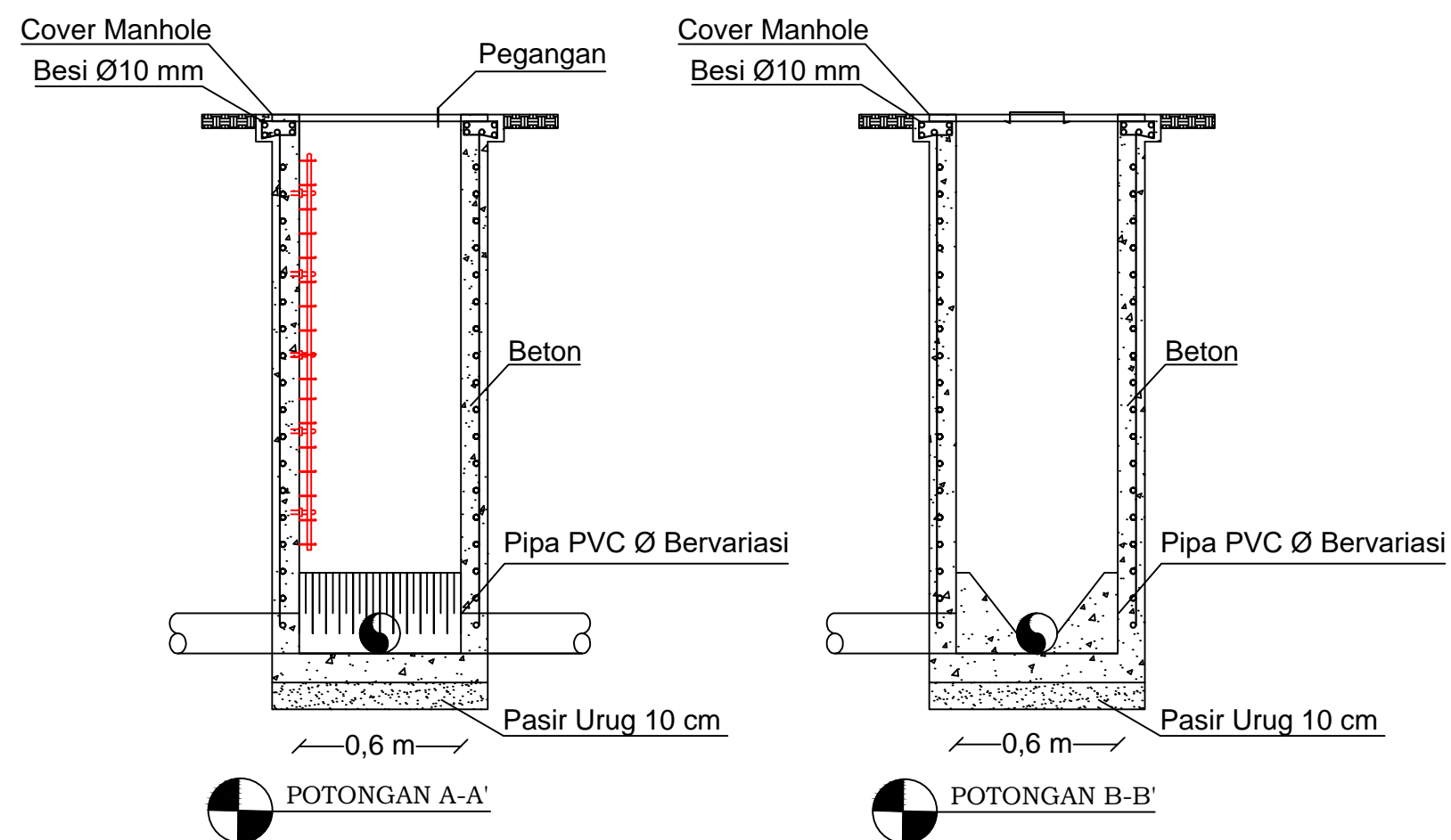
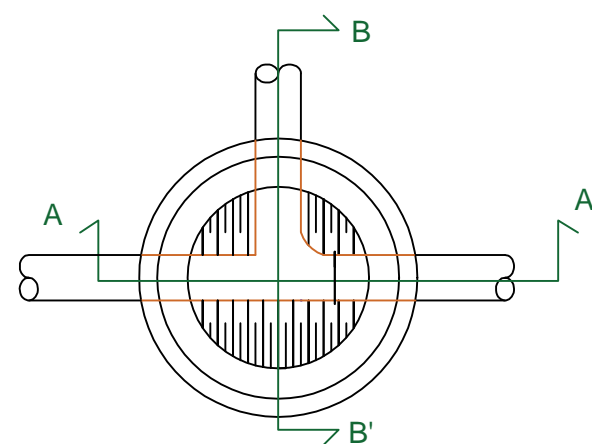
-  Pasir Urug
-  Beton Bertulang
-  Muka Tanah

SKALA

1 : 25

NO.GAMBAR

11





TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

MANHOLE PEREMPATAN




MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

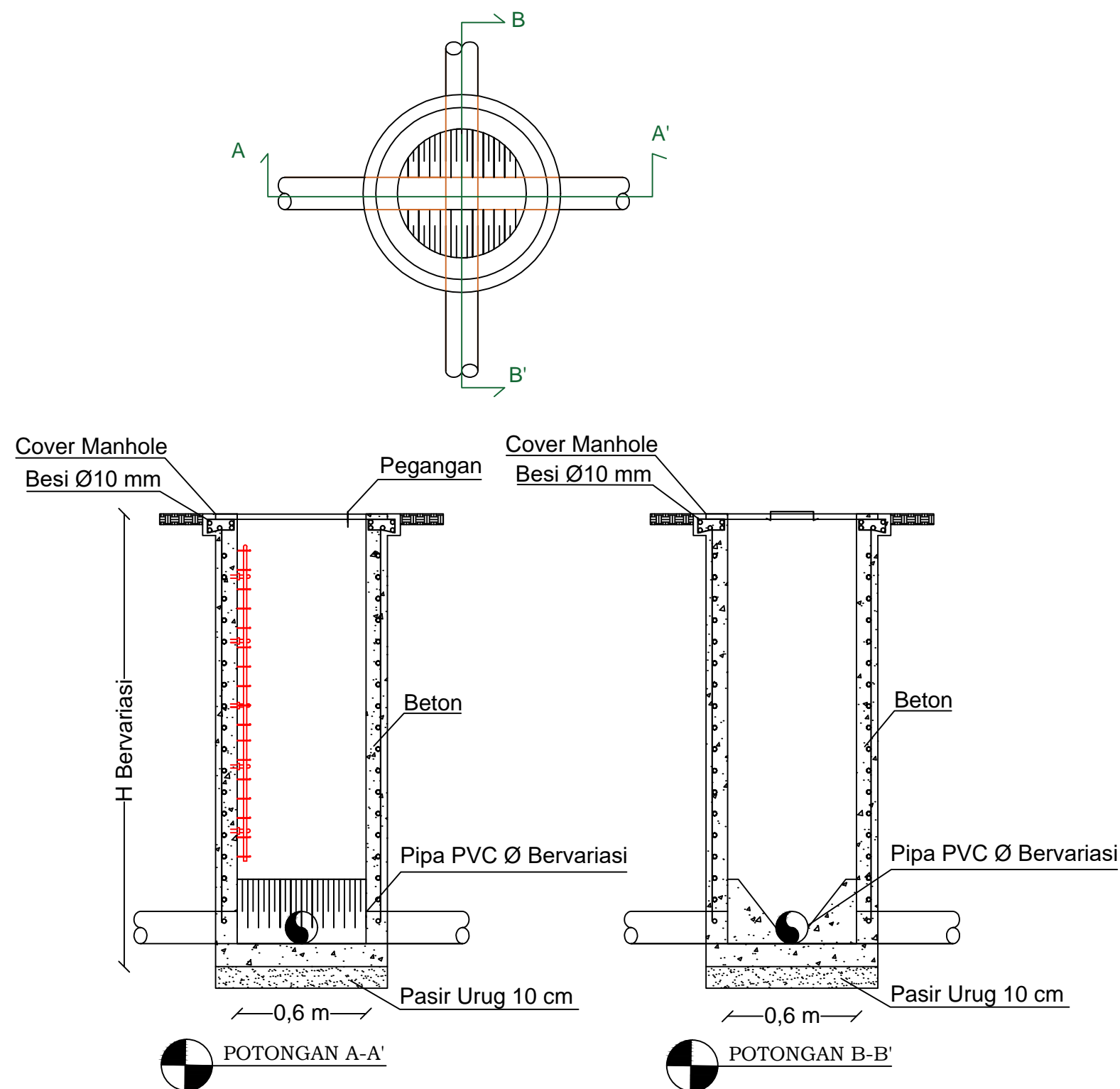
-  Pasir Urug
-  Beton Bertulang
-  Muka Tanah

SKALA

1 : 25

NO.GAMBAR

12





**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

MANHOLE DROP




MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

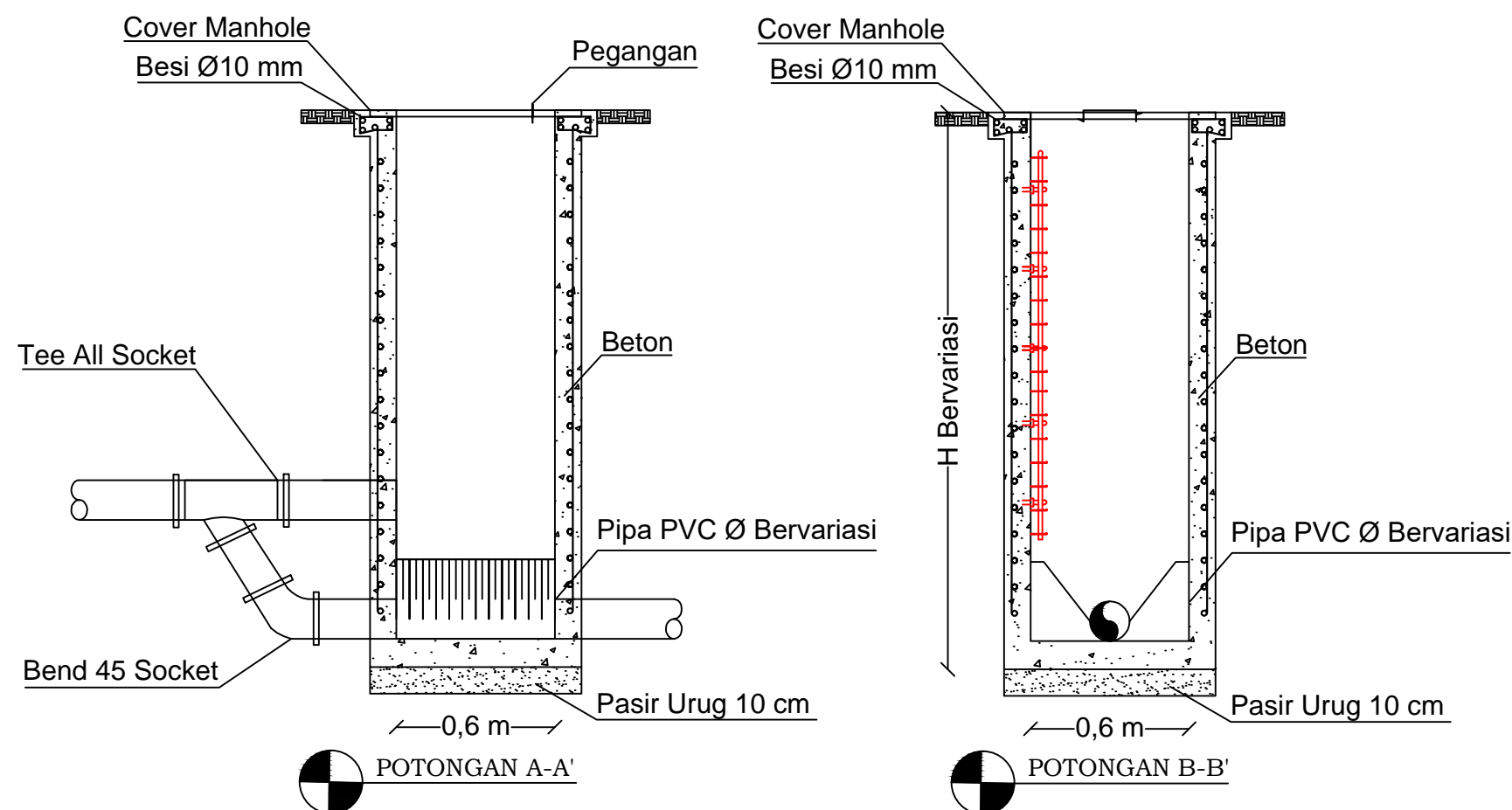
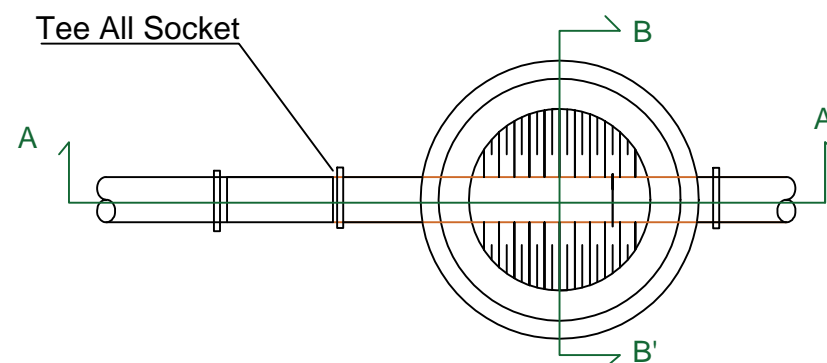
-  Pasir Urug
-  Beton Bertulang
-  Muka Tanah

SKALA

1 : 25

NO.GAMBAR

13





**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

DENAH STASIUN POMPA

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

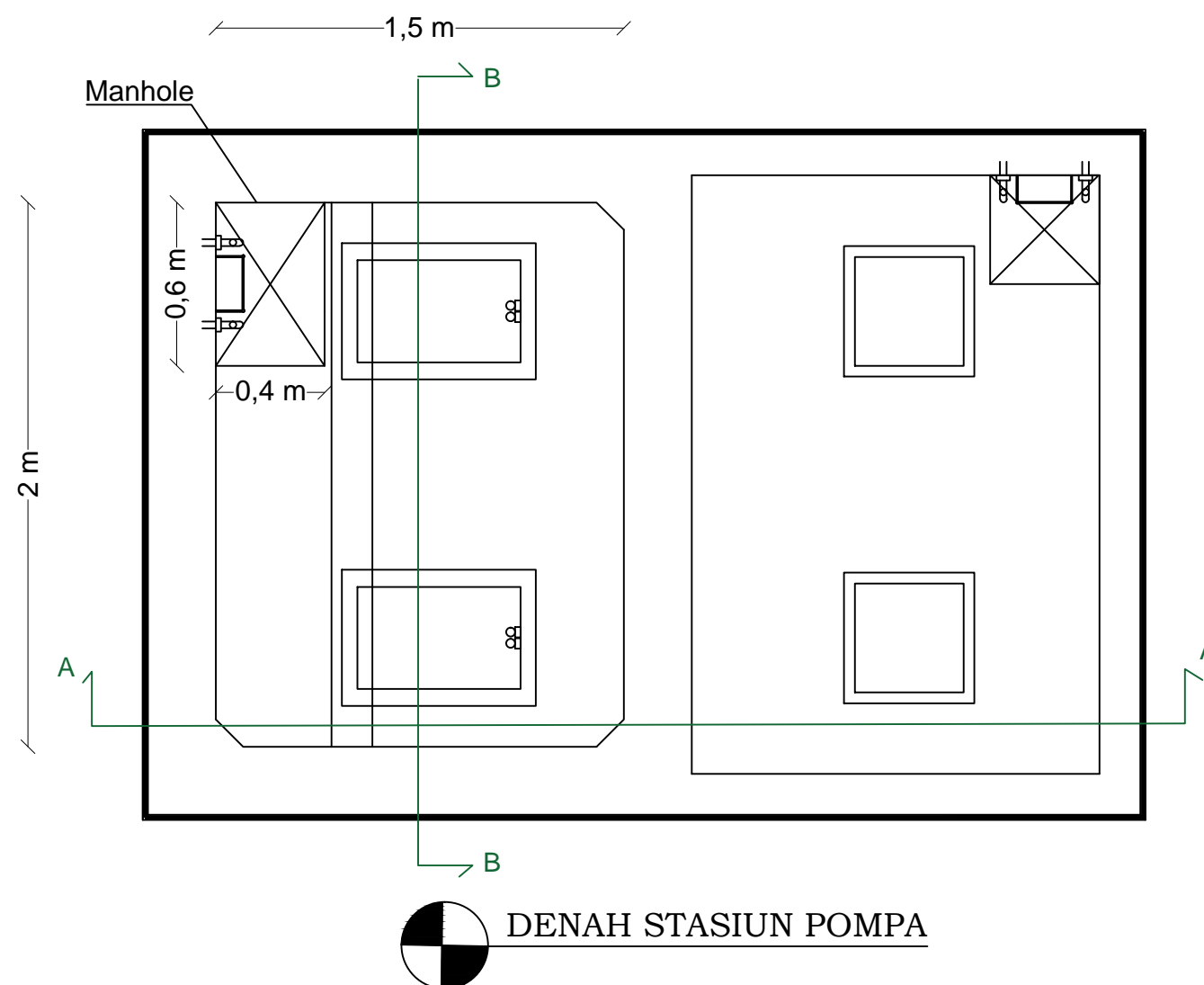
- | | |
|--|-----------------|
| | Pasir Urug |
| | Beton Bertulang |
| | Muka Tanah |

SKALA

1 : 25

NO.GAMBAR

14



DENAH STASIUN POMPA



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN
STASIUN POMPA




MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

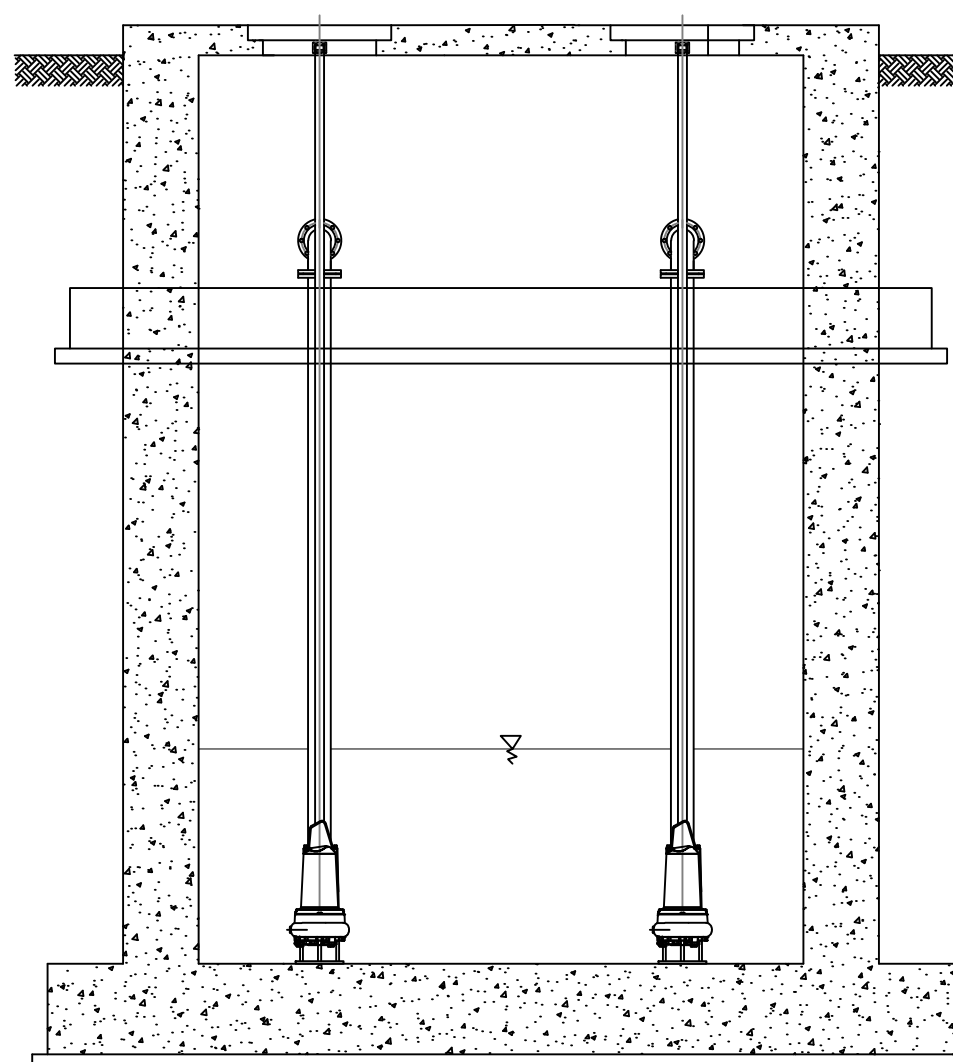
-  Pasir Urug
-  Beton Bertulang
-  Muka Tanah

SKALA

1 : 25

NO.GAMBAR

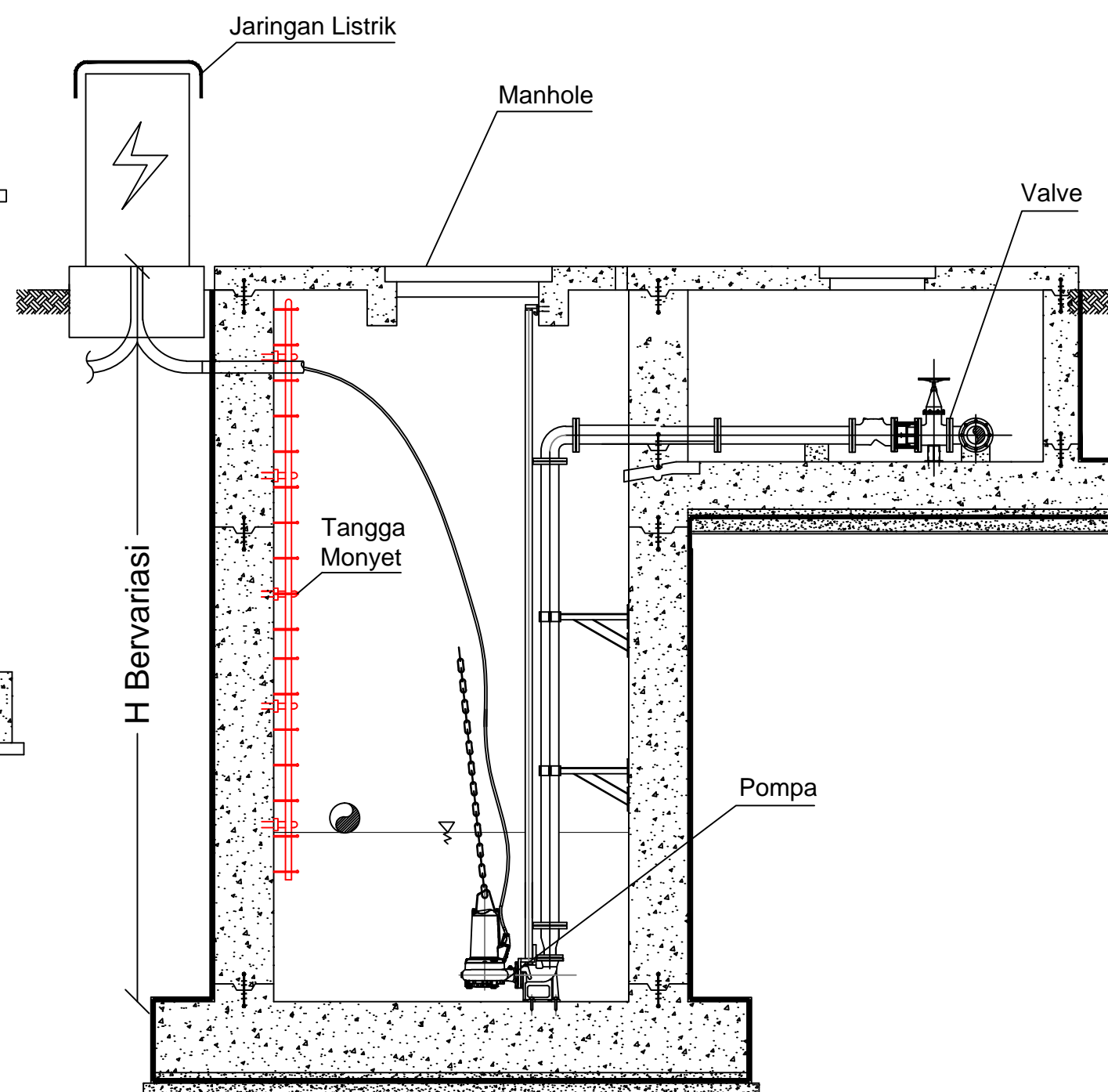
15



0,25 2 m 0,25



POTONGAN B-B'



0,25 1,5 m 0,25



POTONGAN A-A'



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

DETAIL JALAN

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

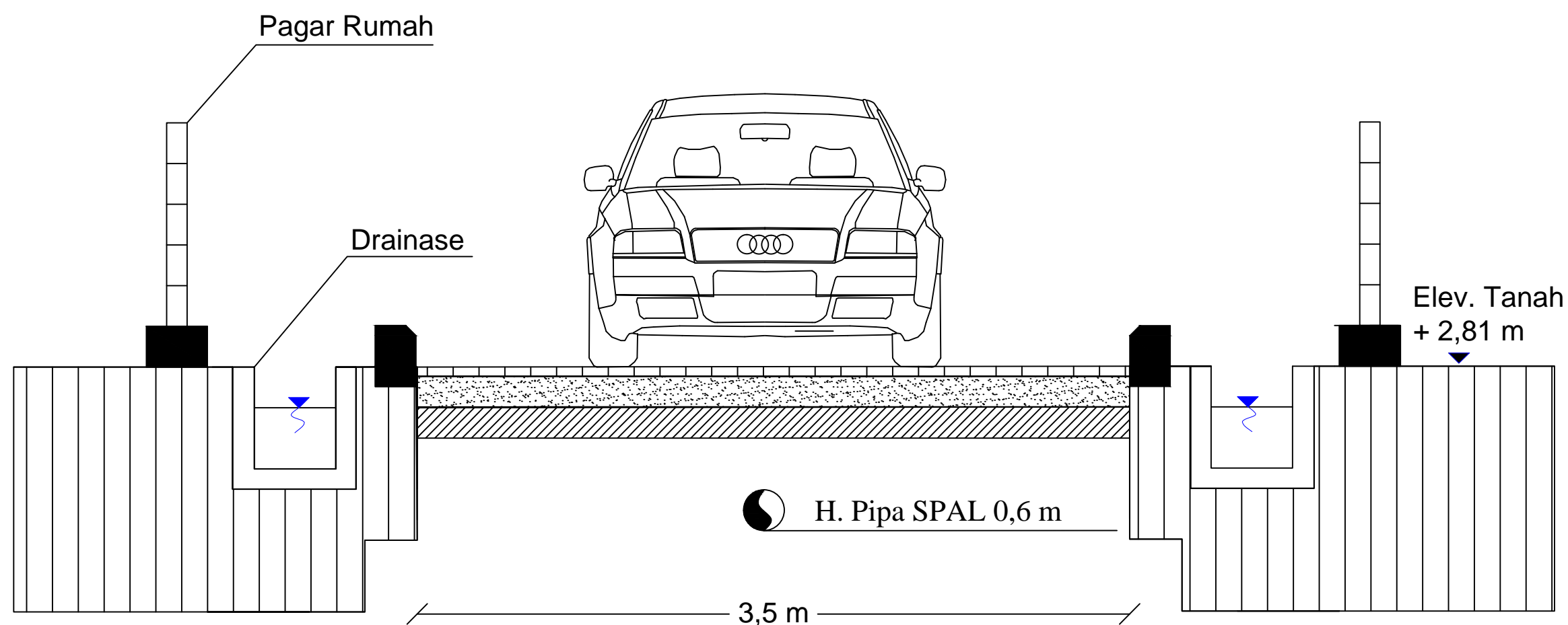
LEGENDA



Pasir Urug



Tanah

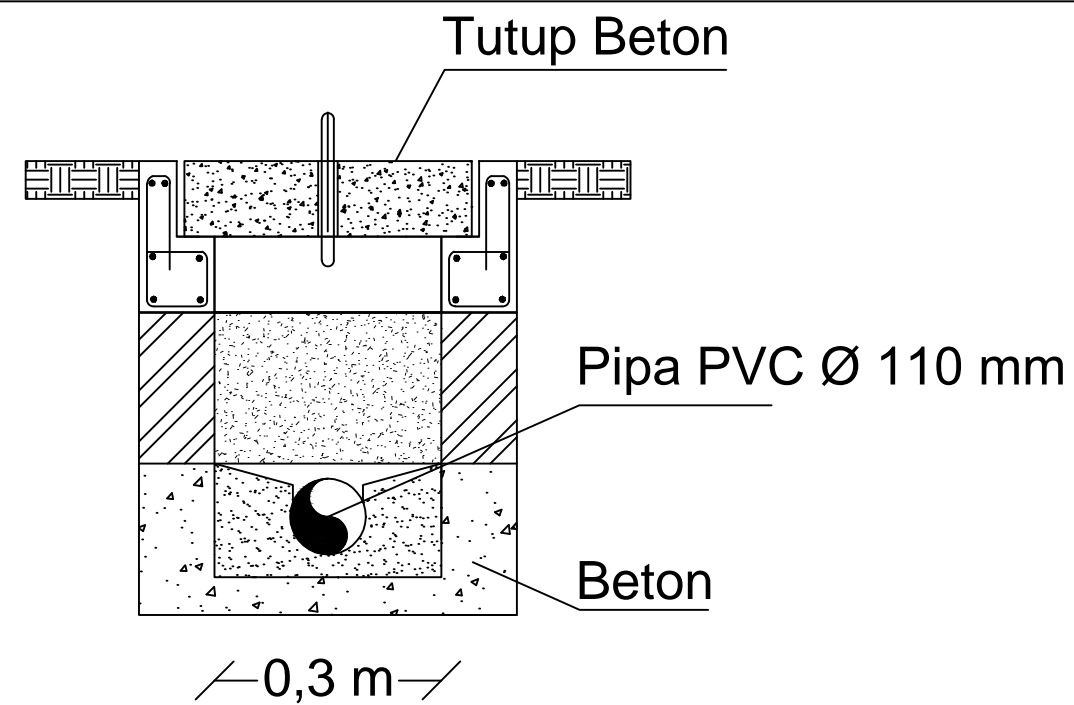


SKALA

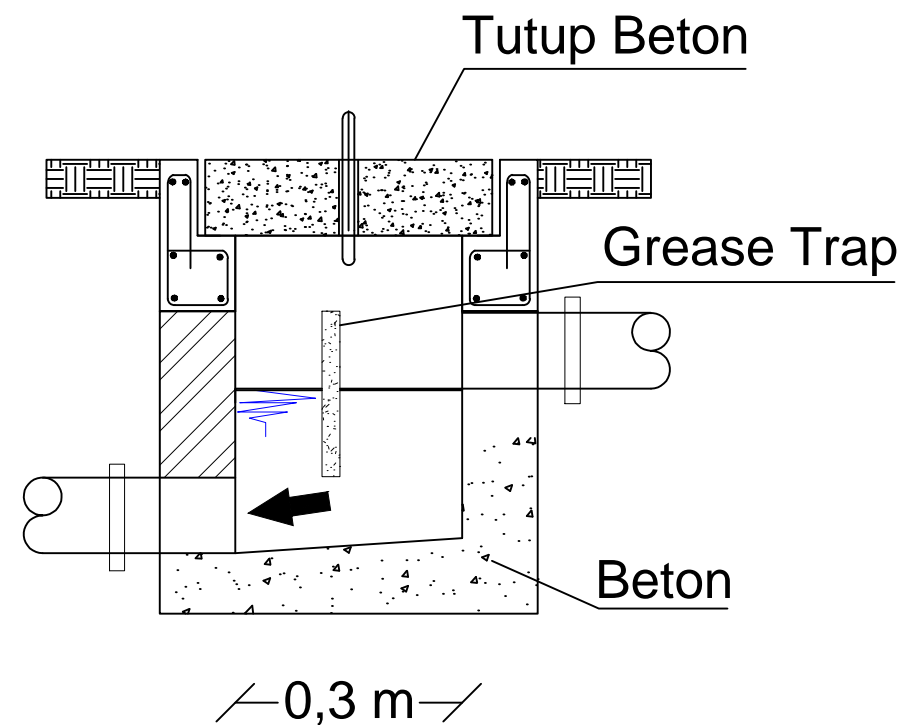
1 : 50

NO.GAMBAR

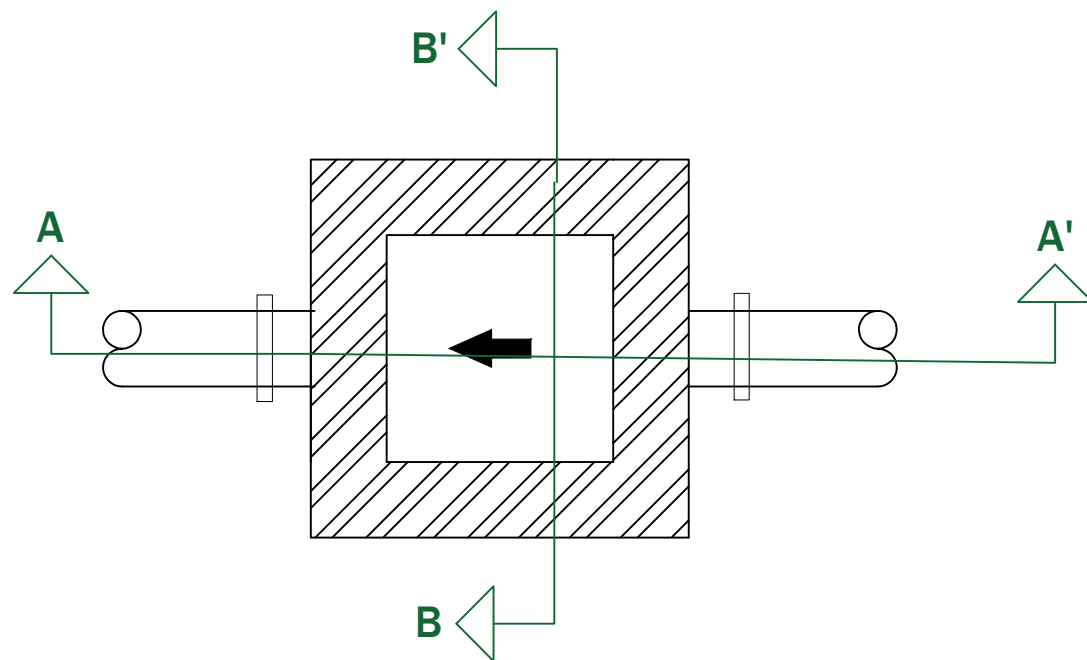
16



POTONGAN B-B'



POTONGAN A-A'



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

BAK KONTROL

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

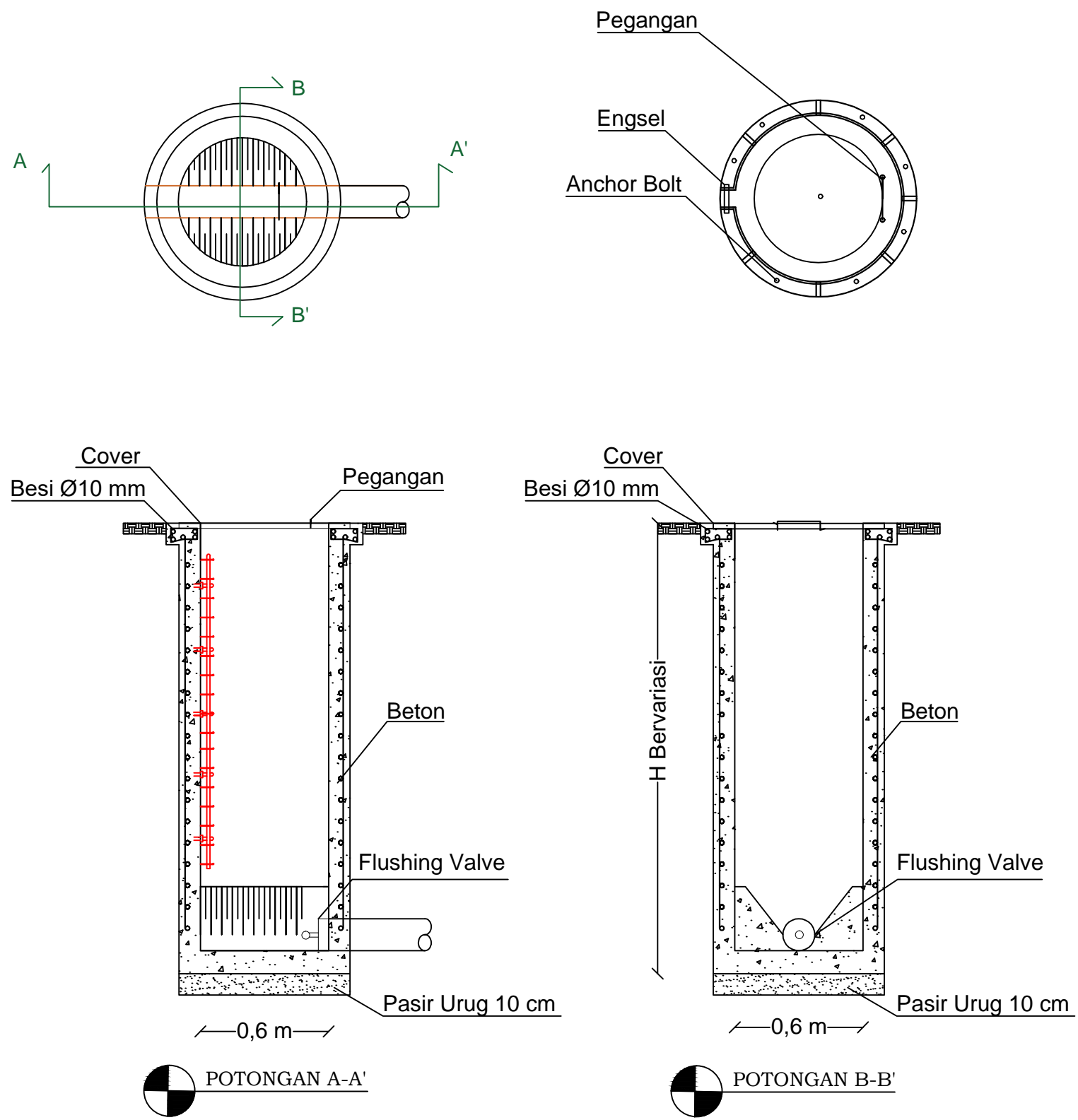
- Bata Merah
- Beton Bertulang
- Tanah

SKALA

1 : 10

NO.GAMBAR

17



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

BAK PENGELONTOR

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

- Pasir Urug
- Beton Bertulang
- Muka Tanah

SKALA	NO.GAMBAR
1 : 25	18



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

DENAH IPAL

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

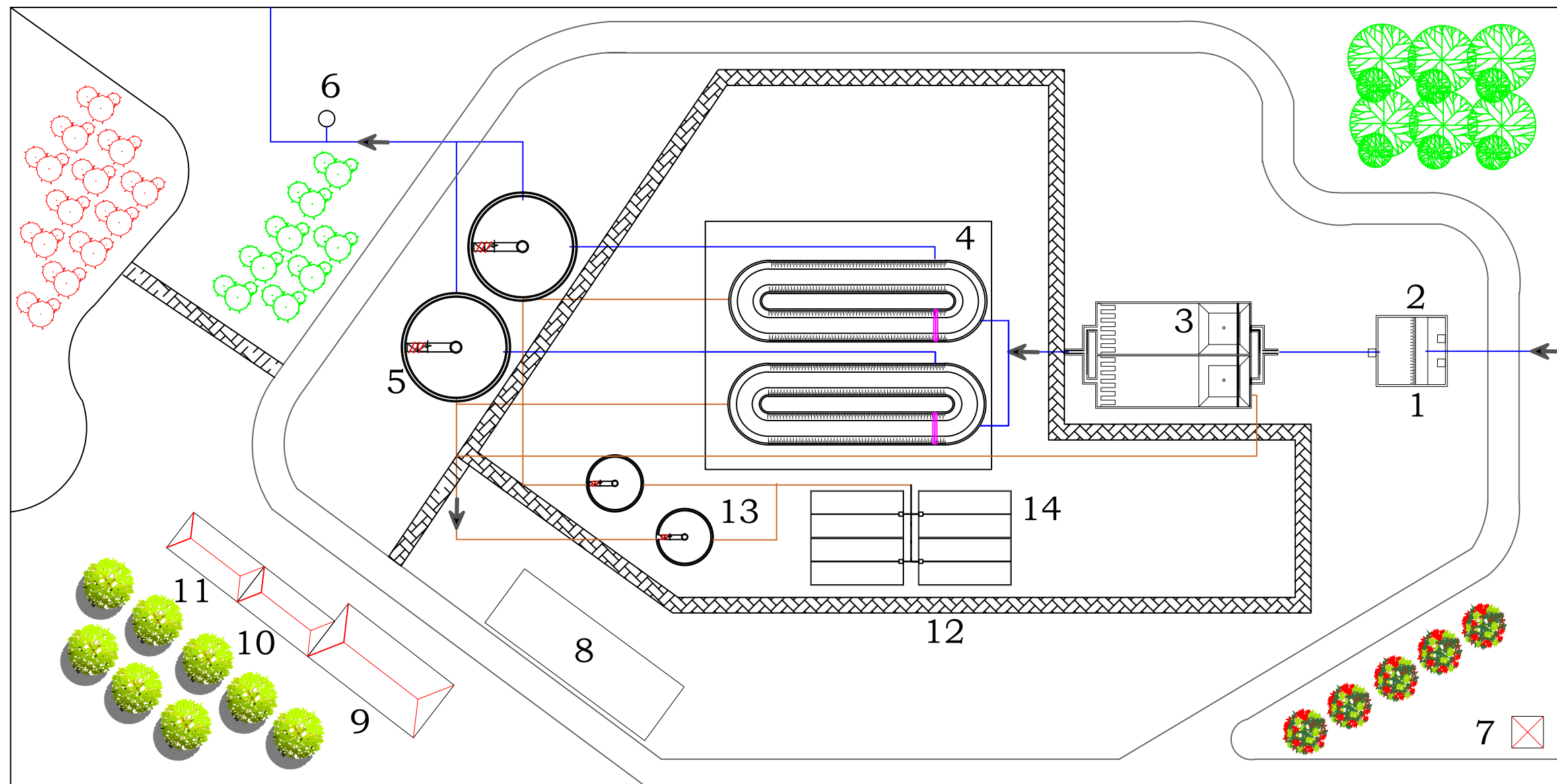
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA



Paving Block



Keterangan :

1. Sumur Pengumpul
2. Bar Screen
3. Bak Pengendap I
4. Parit Oksidasi
5. Bak Pengendap II
6. Desinfeksi

7. Pos Jaga
8. Lahan Parkir
9. Kantor
10. Laboratorium Analisis Air
11. Gudang Alat dan Bahan Kimia
12. Paving Block

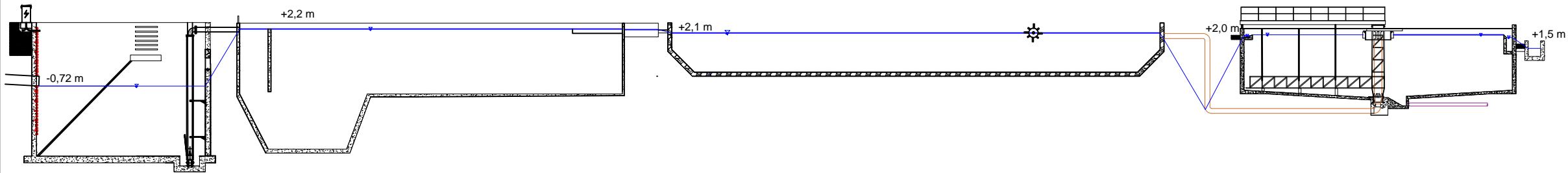
13. *Thickener*
14. *Sludge Drying Bed*

SKALA

1 : 650

NO.GAMBAR

19



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS IPAL

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA



Pasir Urug



Beton Bertulang



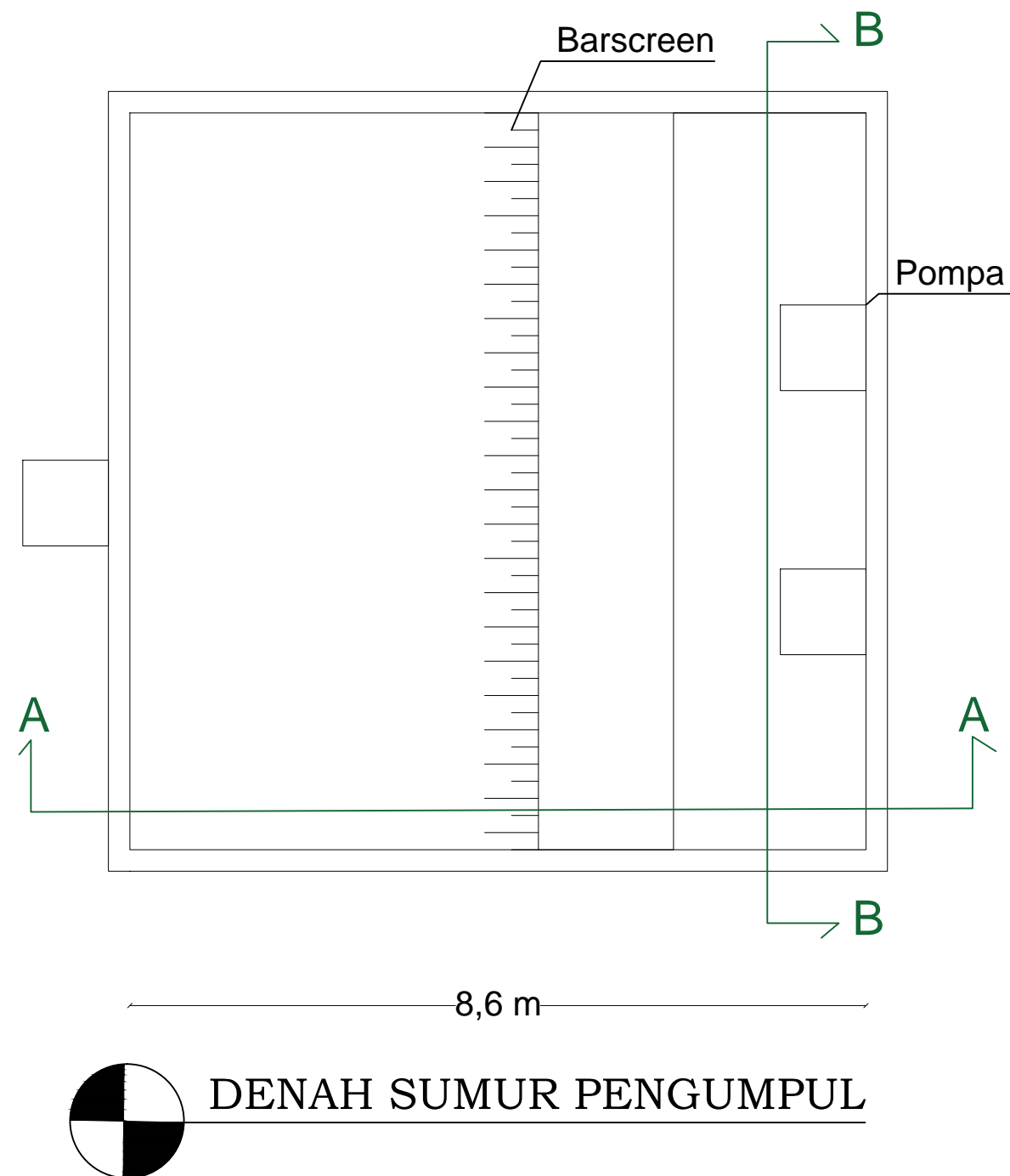
Muka Tanah

SKALA

1 : 300

NO.GAMBAR

20



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

DENAH SUMUR PENGUMPUL

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

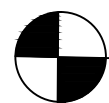
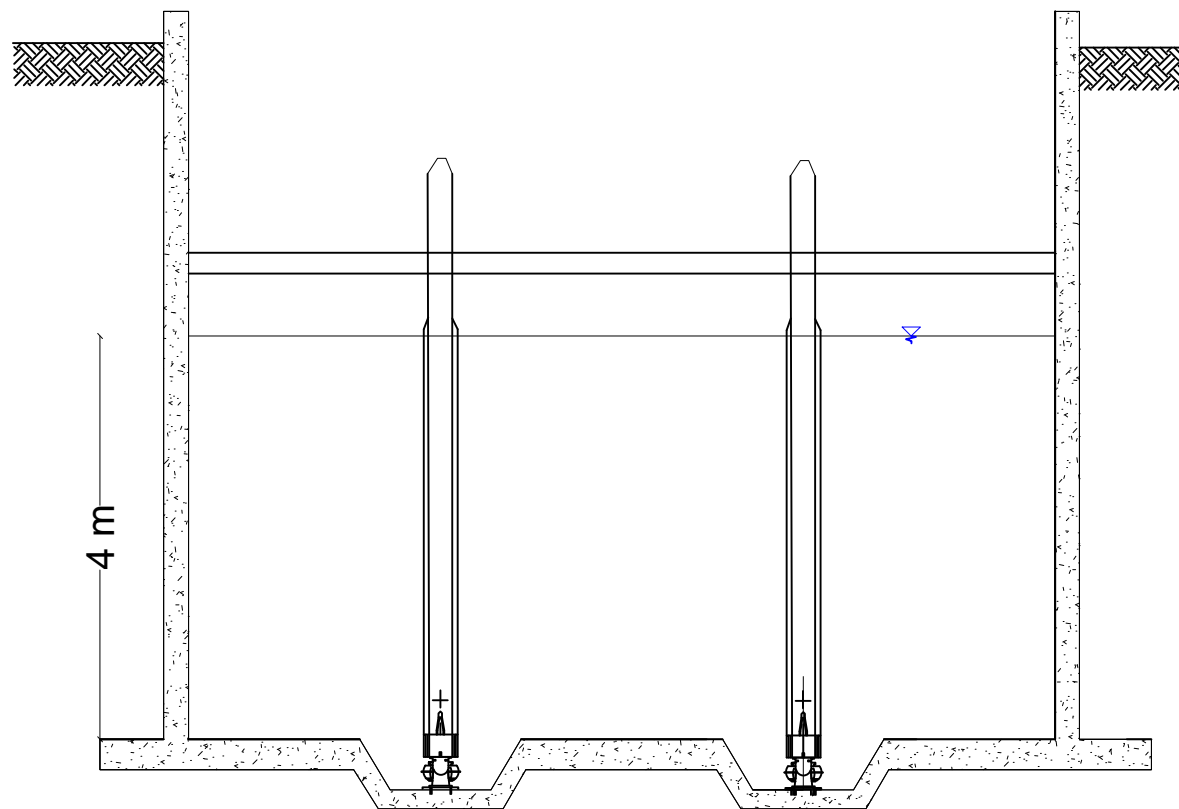
LEGENDA

SKALA

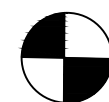
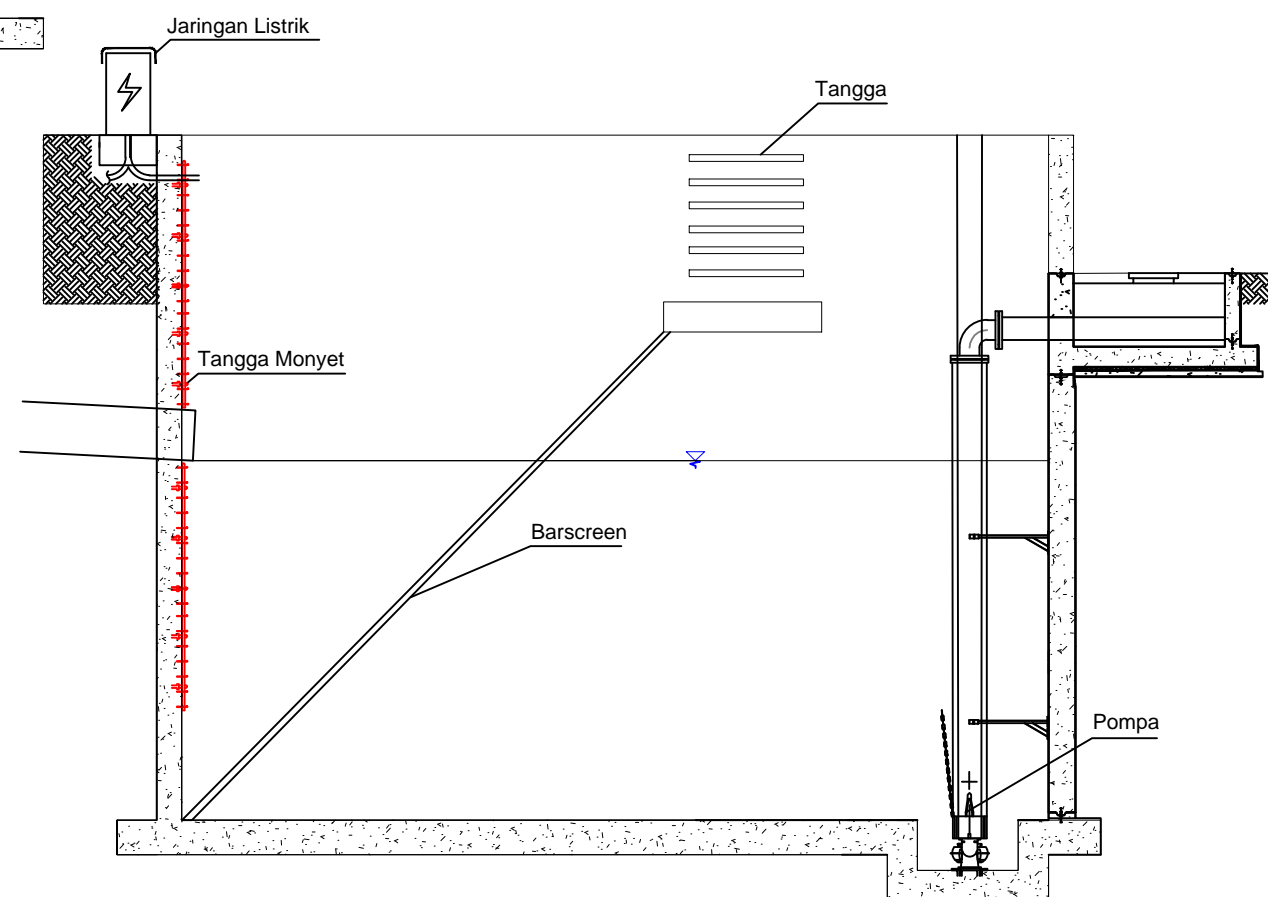
1 : 75

NO.GAMBAR

21



POTONGAN B-B'



POTONGAN A-A'



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN SUMUR
PENGUMPUL

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA



Pasir Urug



Beton Bertulang



Muka Tanah

SKALA

1 : 75

NO.GAMBAR

22



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

DENAH BAK PENGENDAP I

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

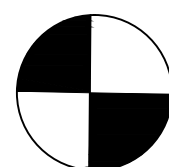
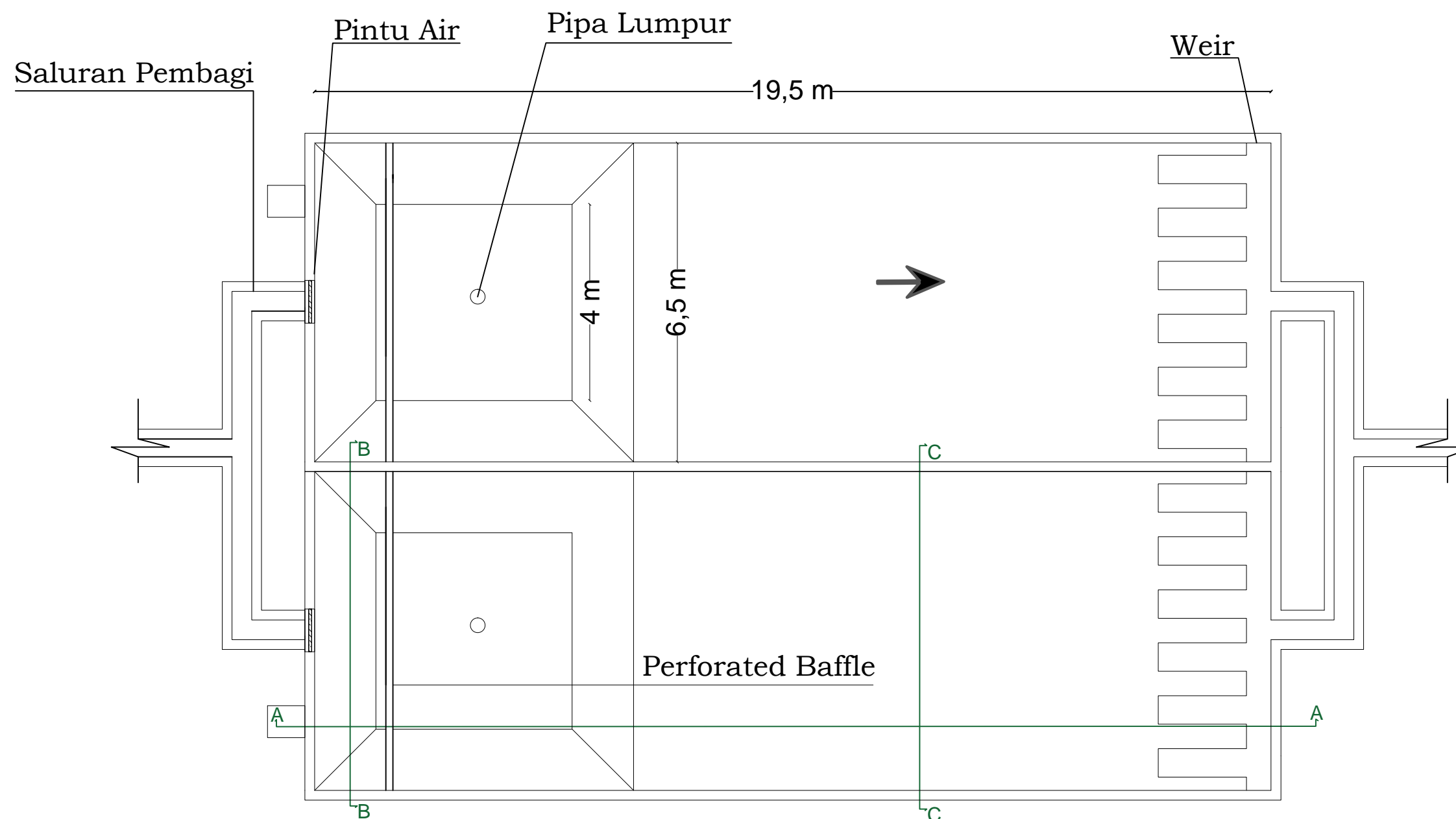
LEGENDA

SKALA

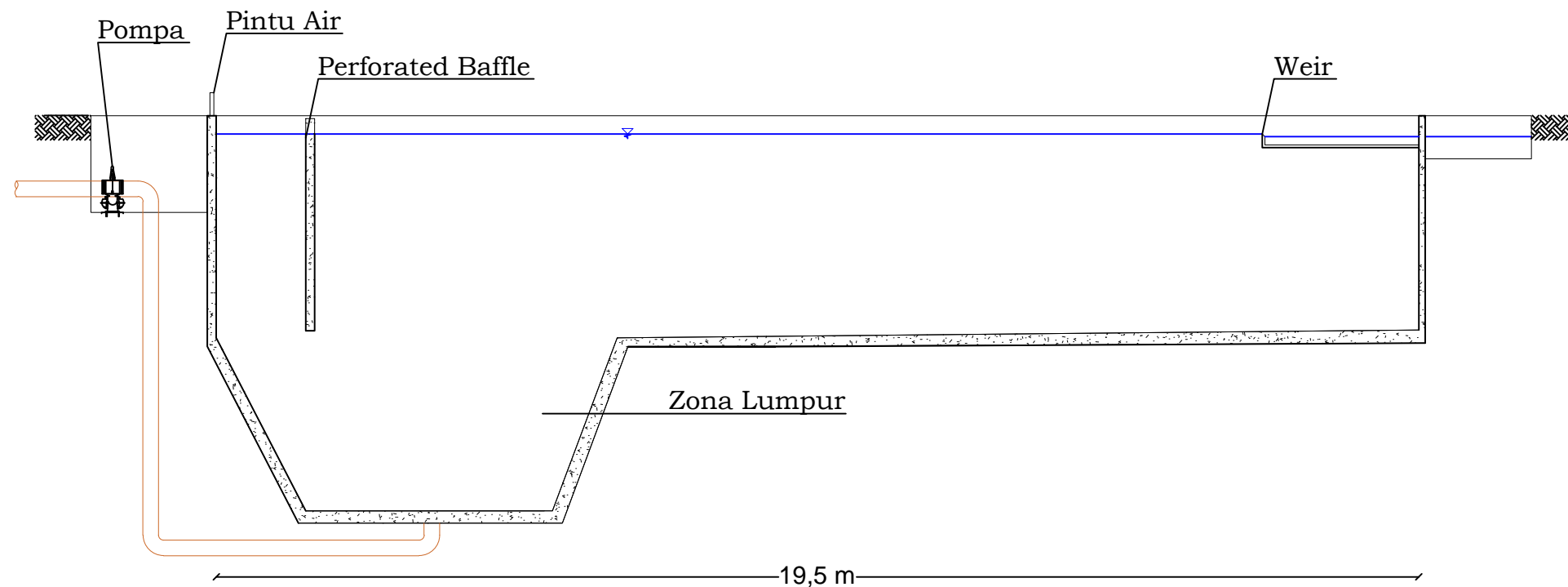
1 : 100

NO.GAMBAR

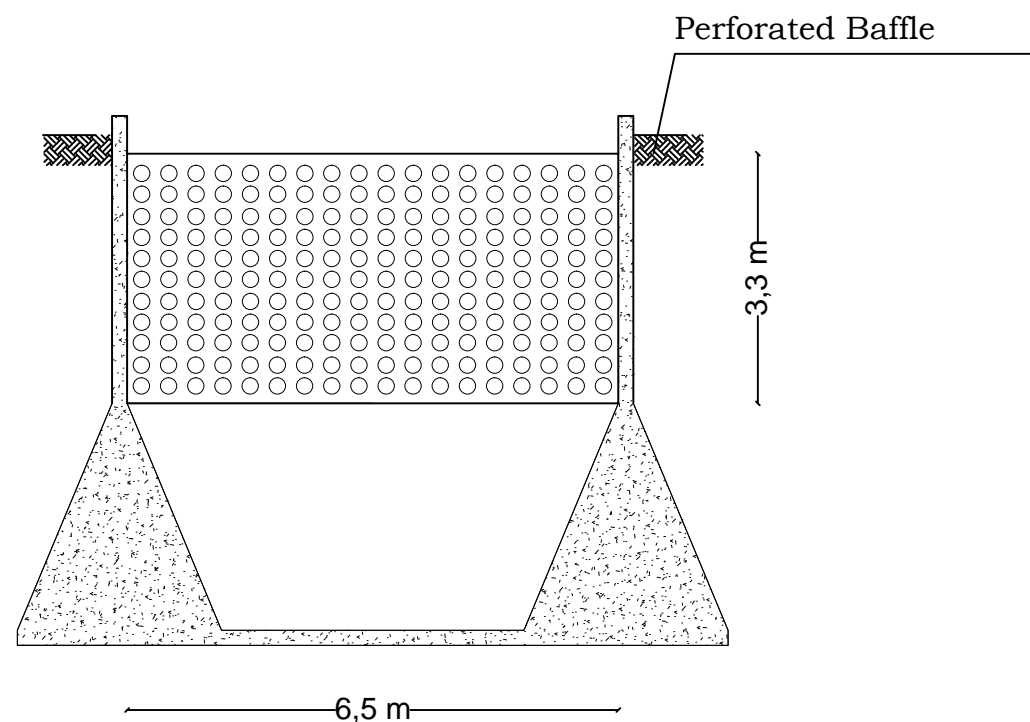
23




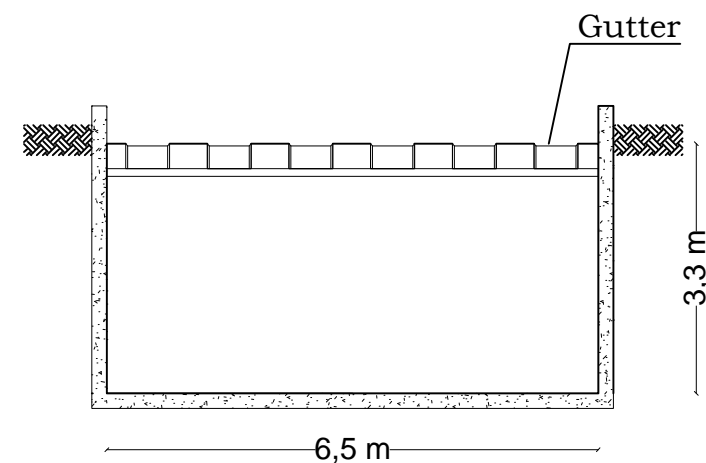
DENAH BAK PENGENDAP I




 POTONGAN A-A' BAK PENGENDAP 1



 POTONGAN B-B' BAK PENGENDAP 1



 POTONGAN C-C' BAK PENGENDAP 1



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN BAK PENGENDAP I




MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

-  Pasir Urug
-  Beton Bertulang
-  Muka Tanah

SKALA

1 : 100

NO.GAMBAR

24



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

DENAH UNIT PARIT OKSIDASI

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

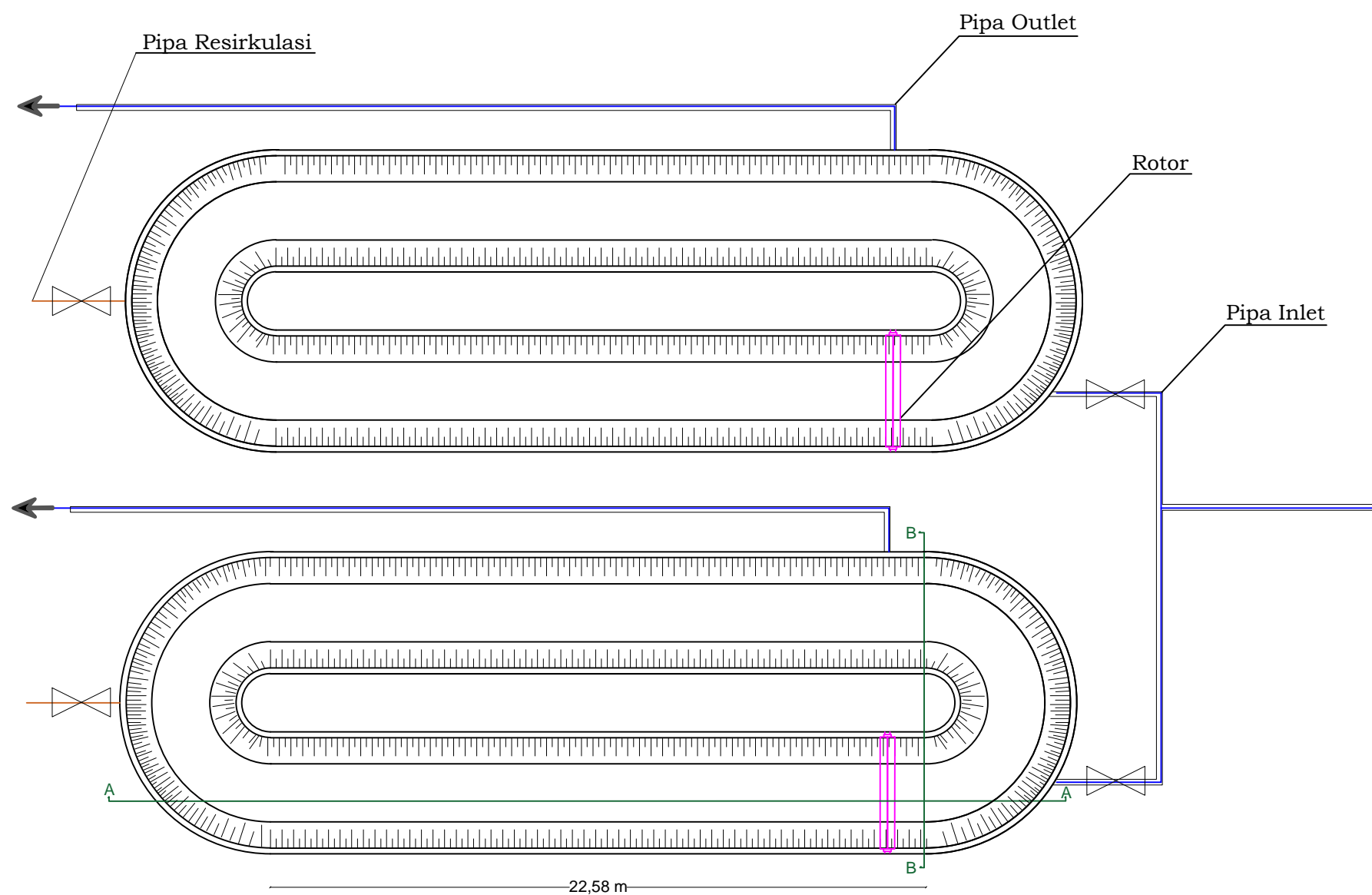
LEGENDA

SKALA

1 : 200

NO.GAMBAR

25



DENAH OKSIDATION DITCH



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN UNIT PARIT
OKSIDASI

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA



Pasir Urug



Beton Bertulang



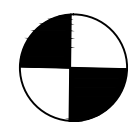
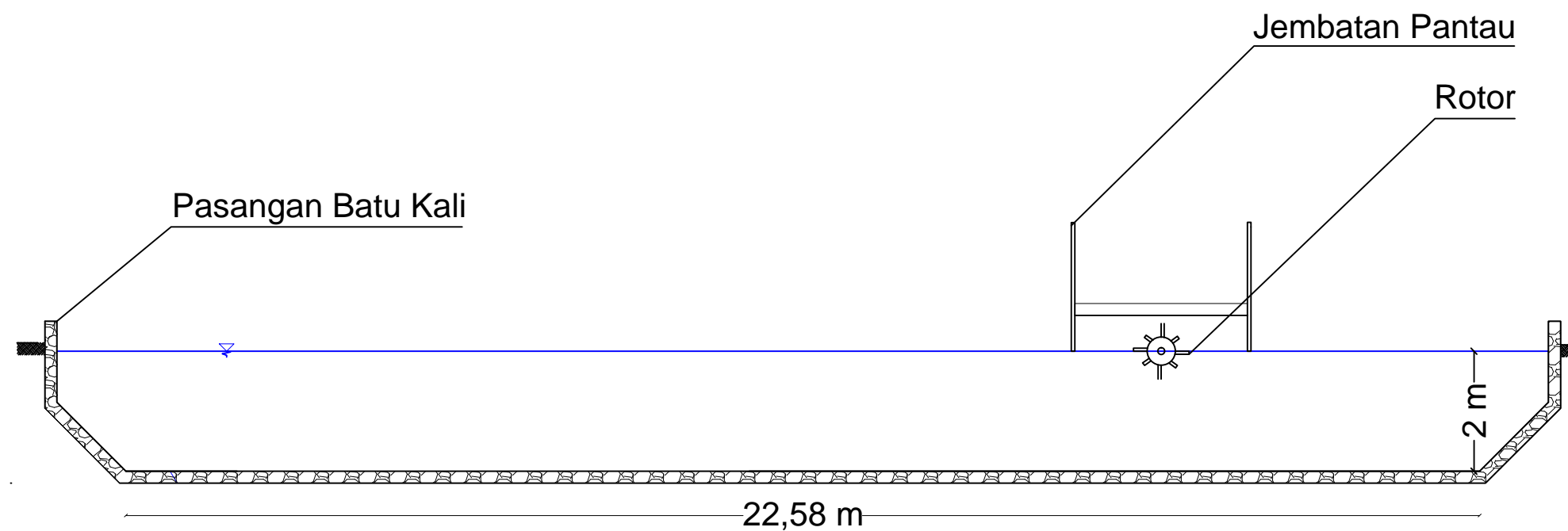
Muka Tanah

SKALA

1 : 100
1 : 50

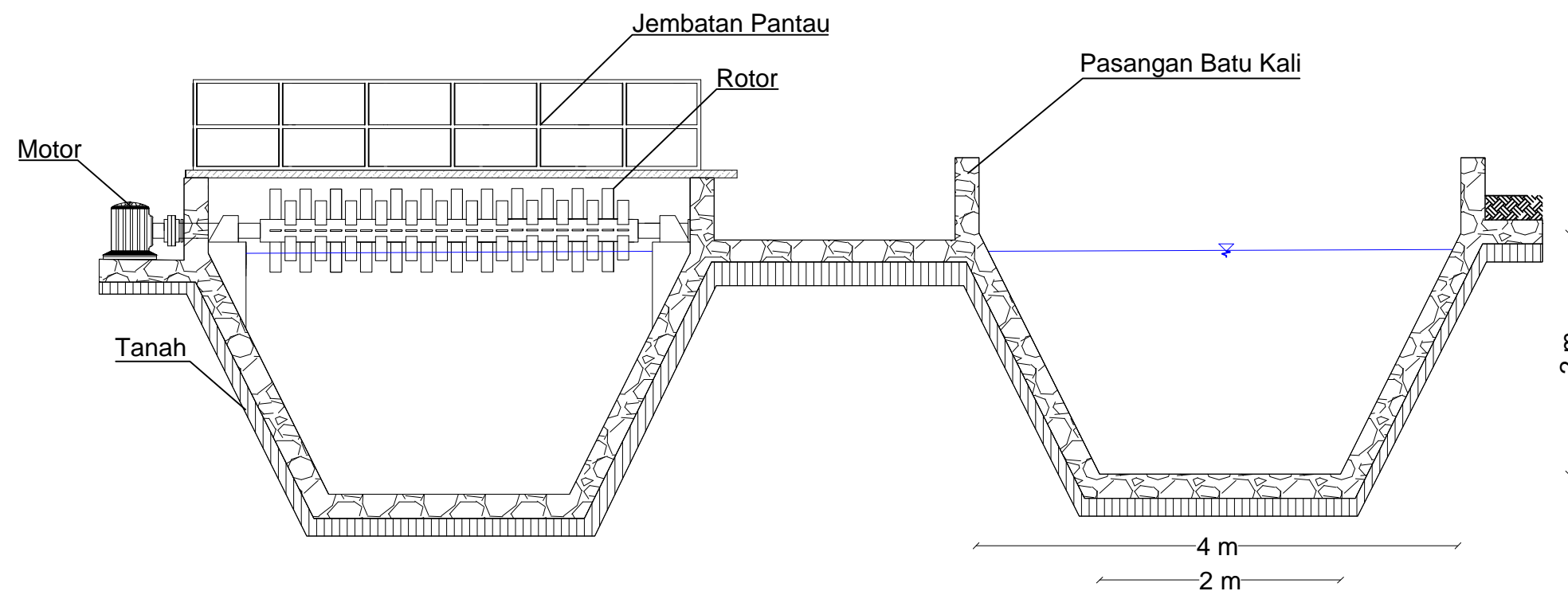
NO.GAMBAR

26



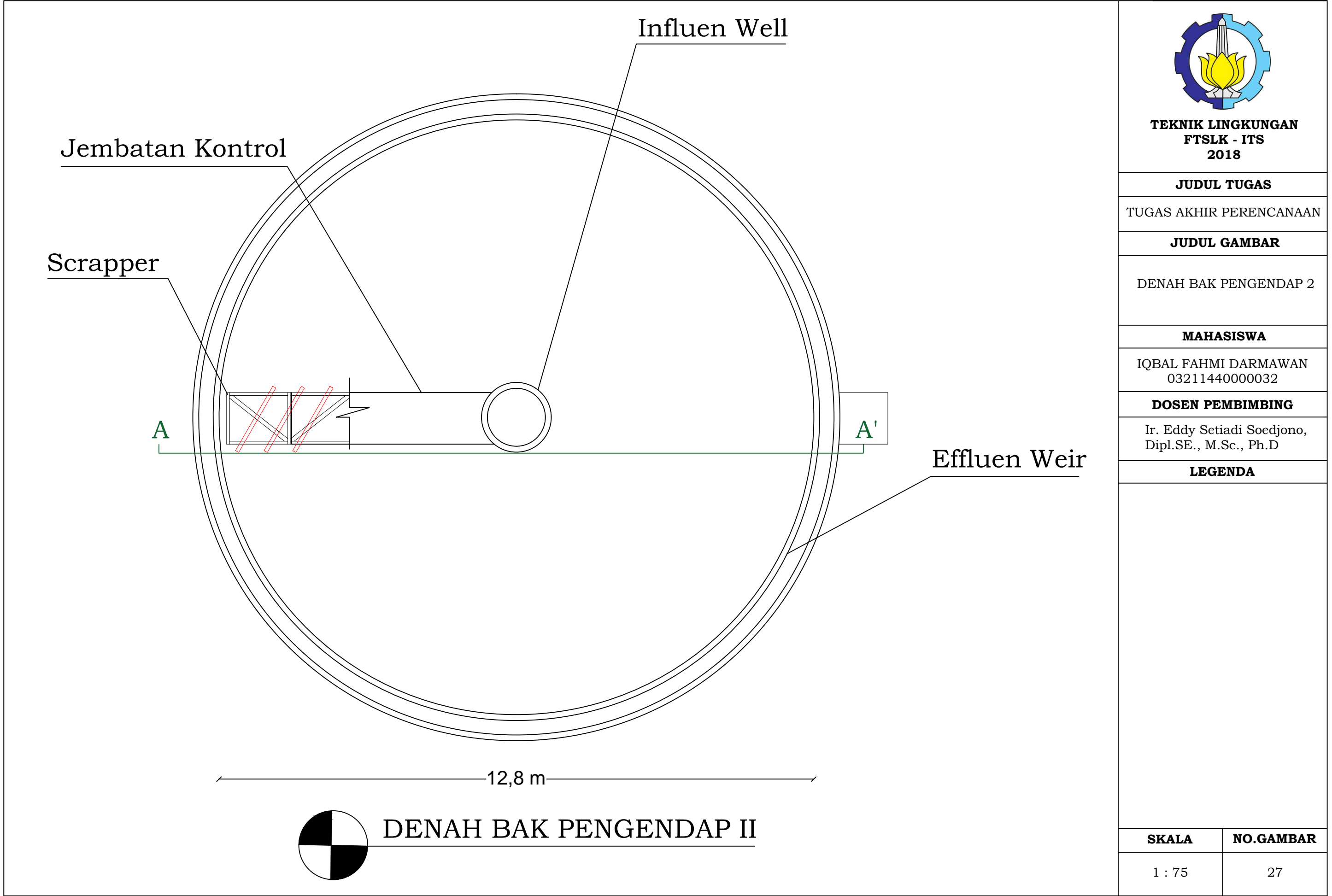
POTONGAN A-A' OXIDATION DITCH

1 : 100



POTONGAN B-B' OXIDATION DITCH

1 : 50



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

DENAH BAK PENGENDAP 2

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

SKALA

1 : 75

NO.GAMBAR

27



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN
BAK PENGENDAP 2

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA



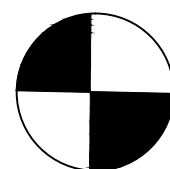
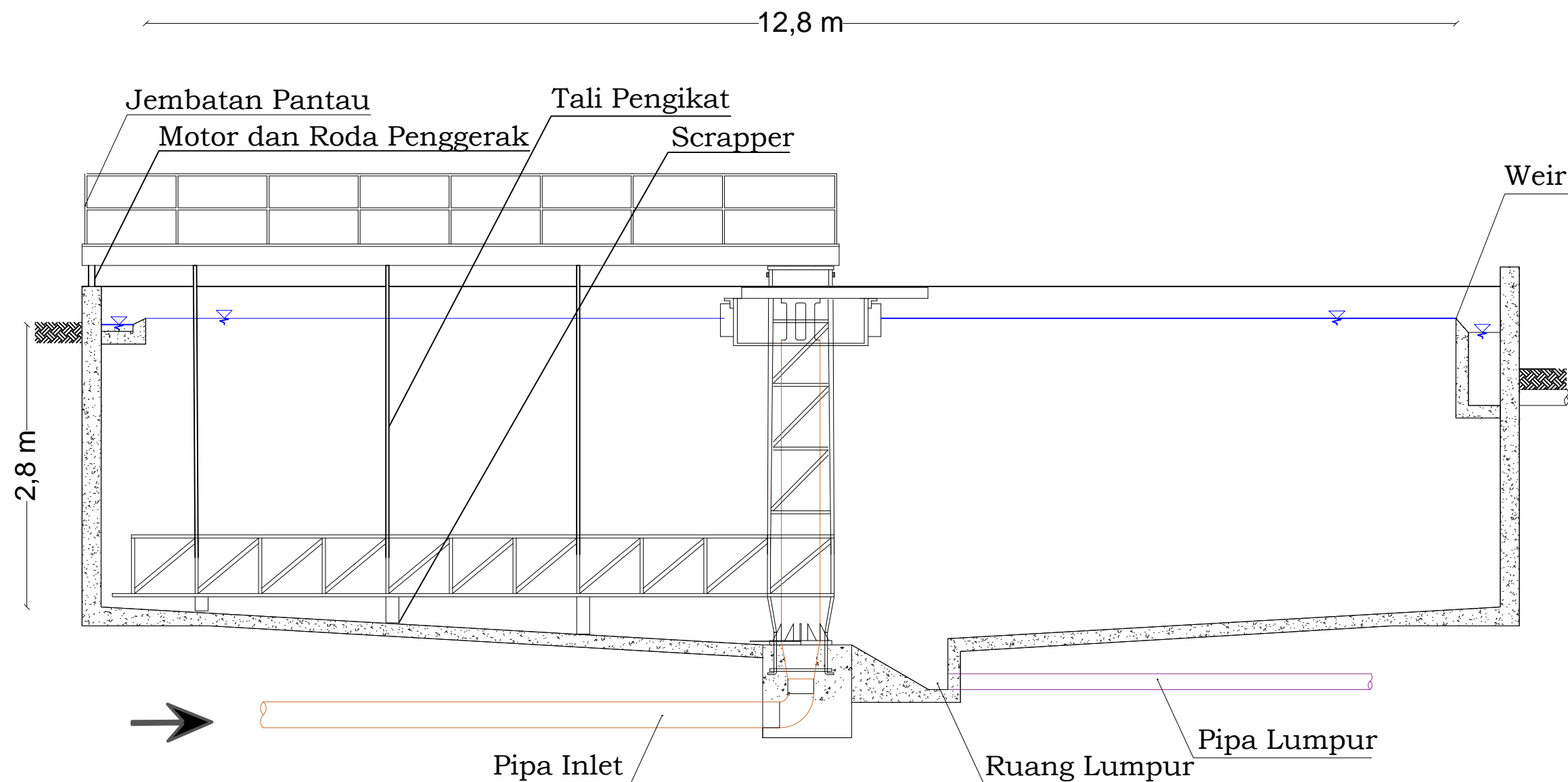
Pasir Urug



Beton Bertulang



Muka Tanah



POTONGAN A-A' BAK PENGENDAP II

SKALA

1 : 50

NO.GAMBAR

28



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

DESINFEKSI

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

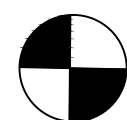
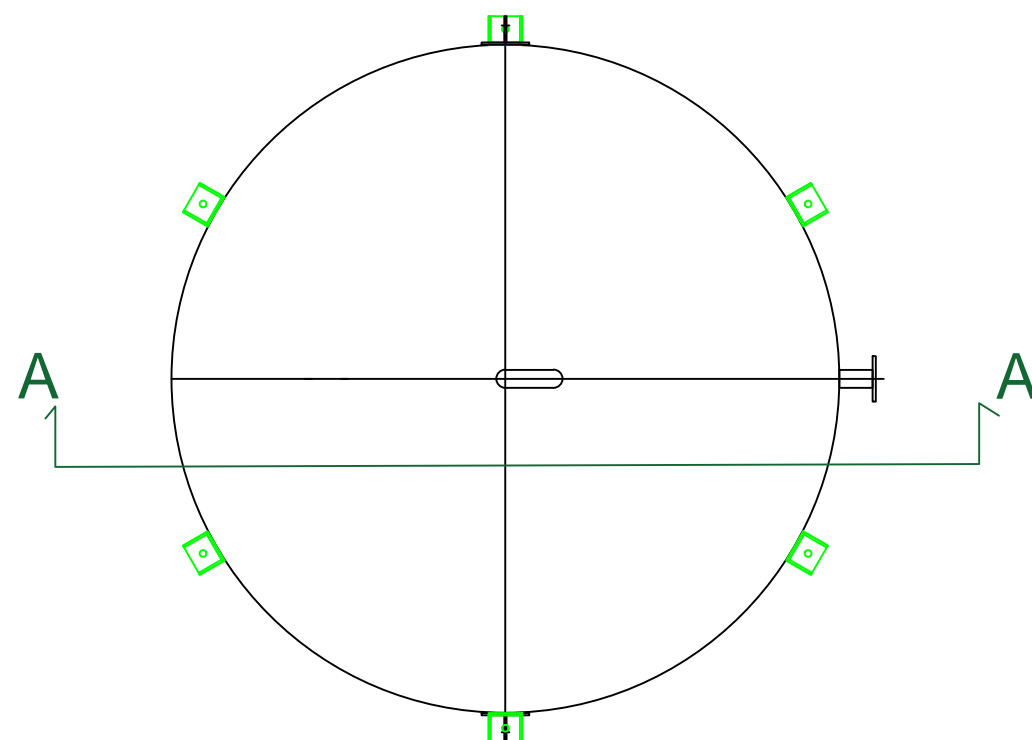
 Besi

SKALA

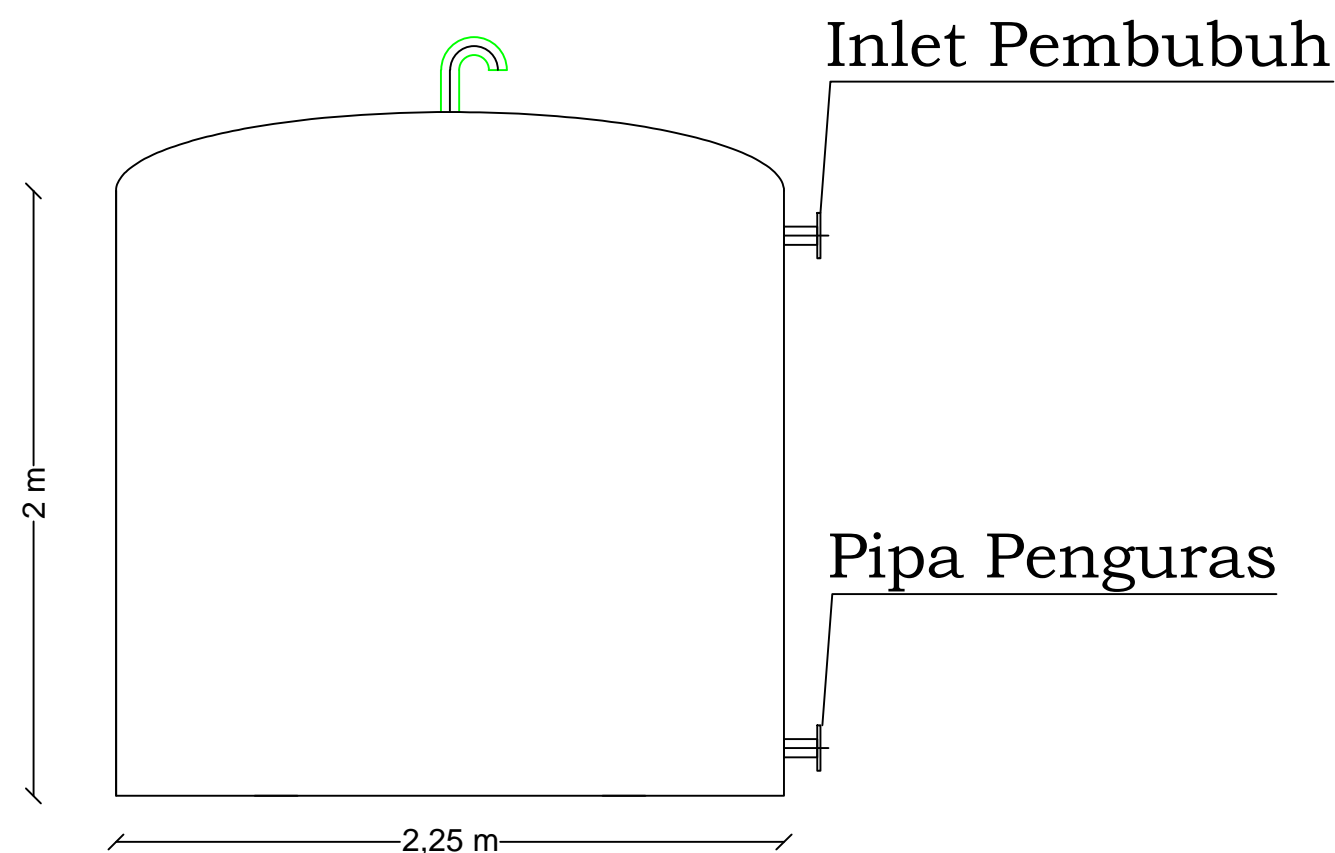
1 : 25

NO.GAMBAR

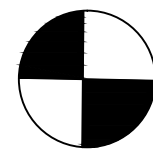
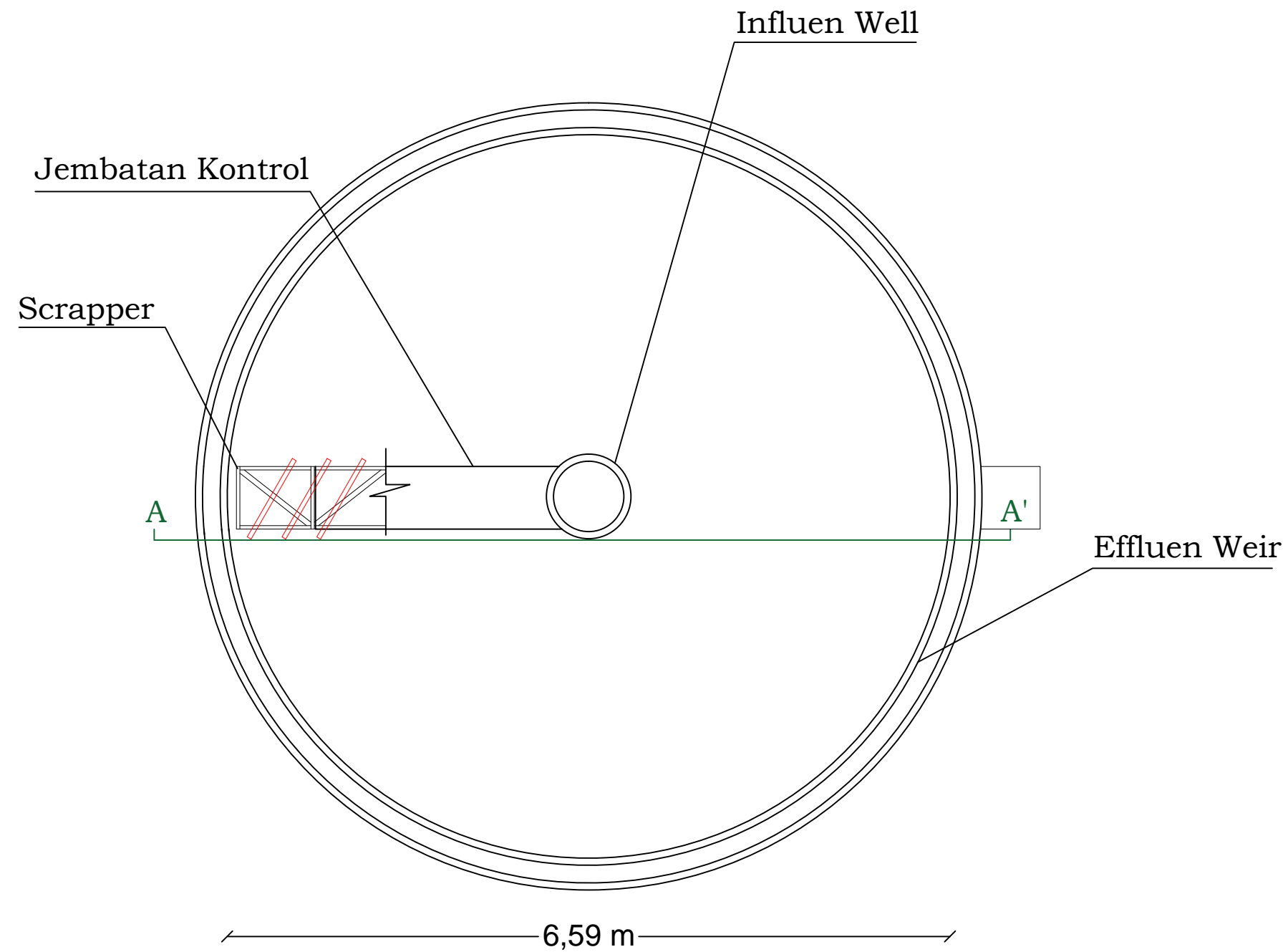
29



DENAH DESINFEKSI



POTONGAN A-A'



DENAH SLUDGE THICKENER



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

DENAH SLUDGE THICKENER

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

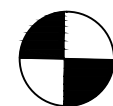
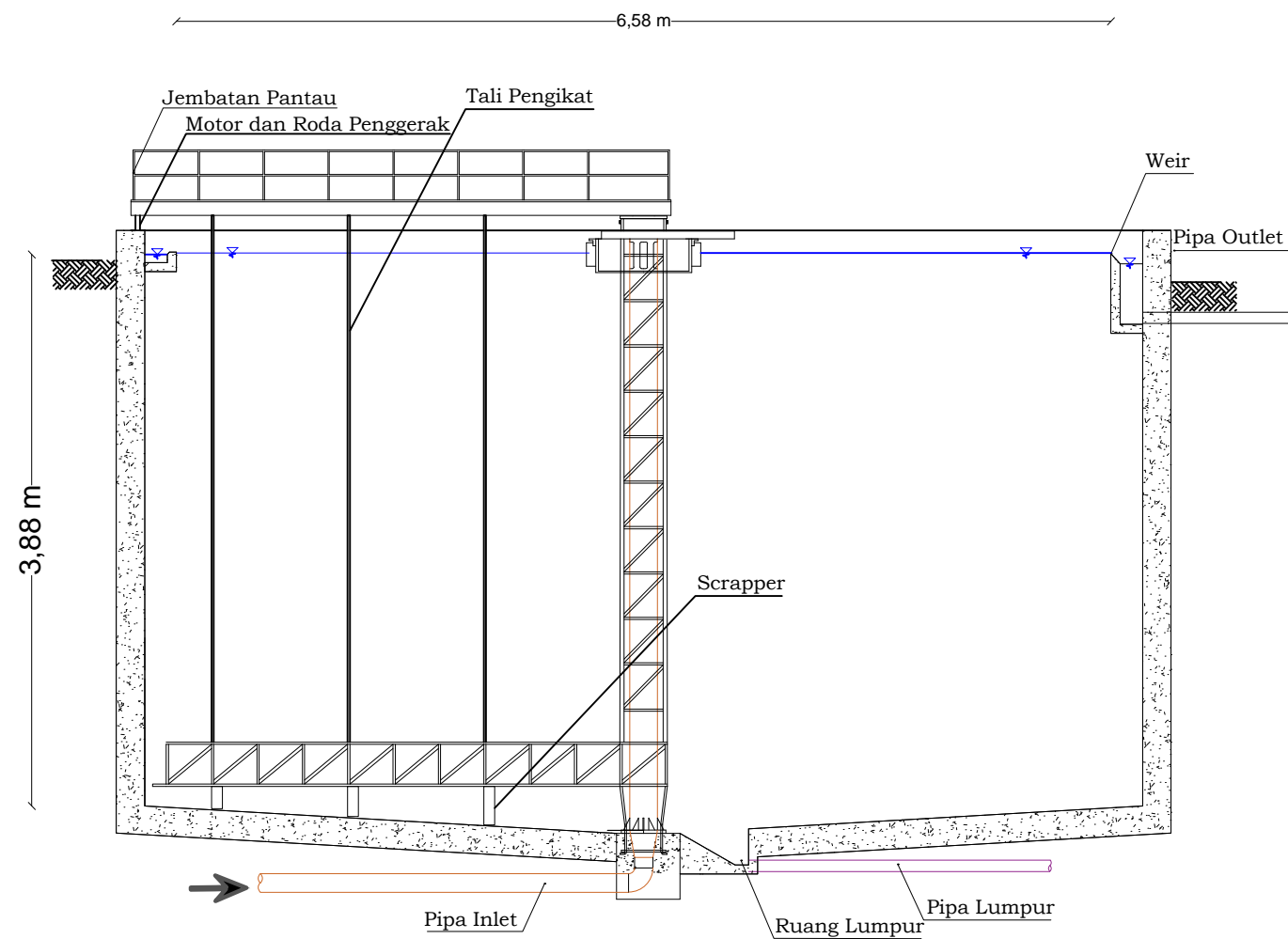
LEGENDA

SKALA

1 : 50

NO.GAMBAR

30



POTONGAN A-A' THICKENER



TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN
SLUDGETHICKENER

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA



Pasir Urug



Beton Bertulang



Muka Tanah

SKALA

1 : 50

NO.GAMBAR

31



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

SLUDGE DRYING BED

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

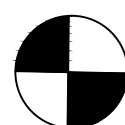
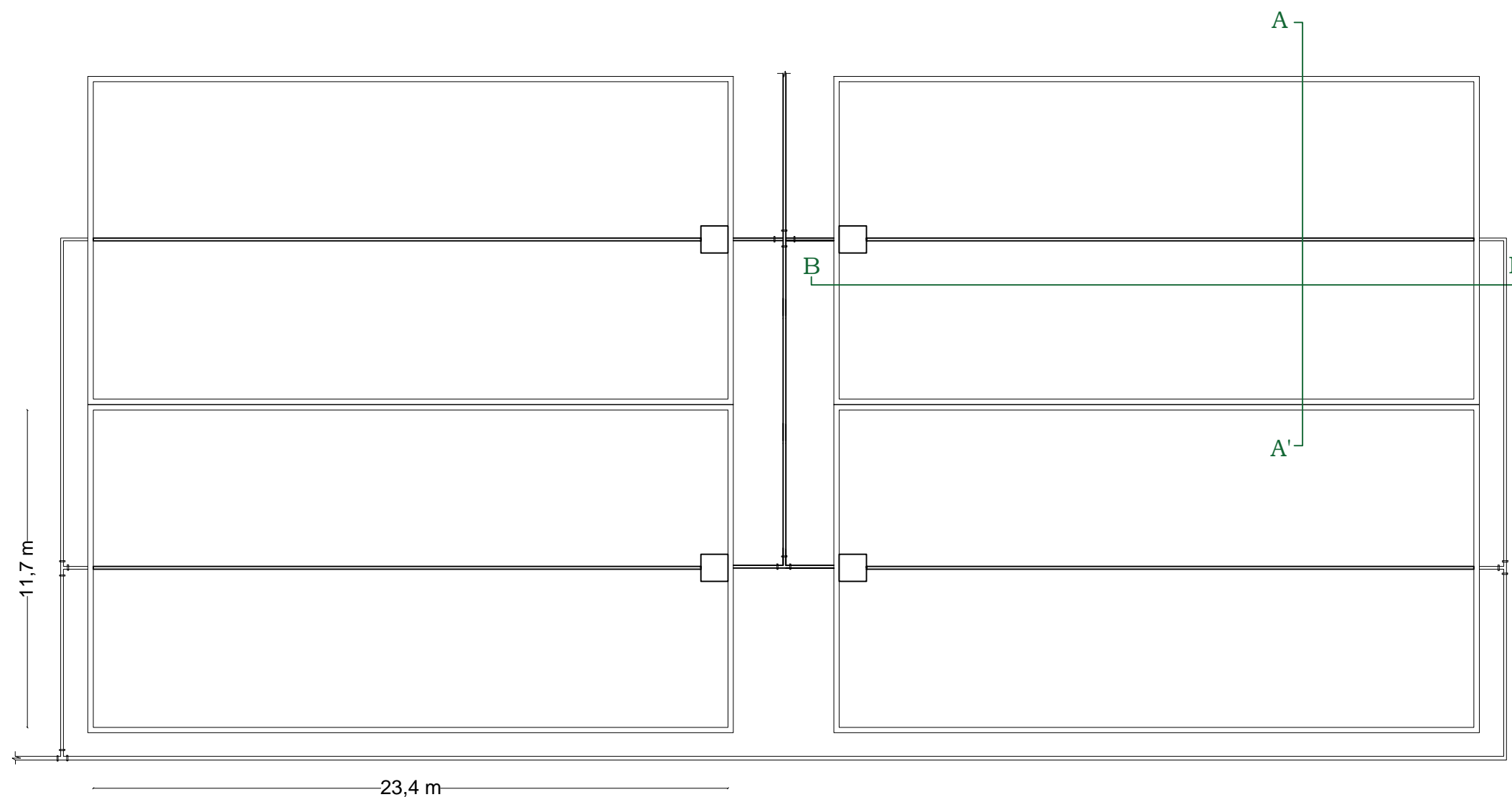
LEGENDA

SKALA

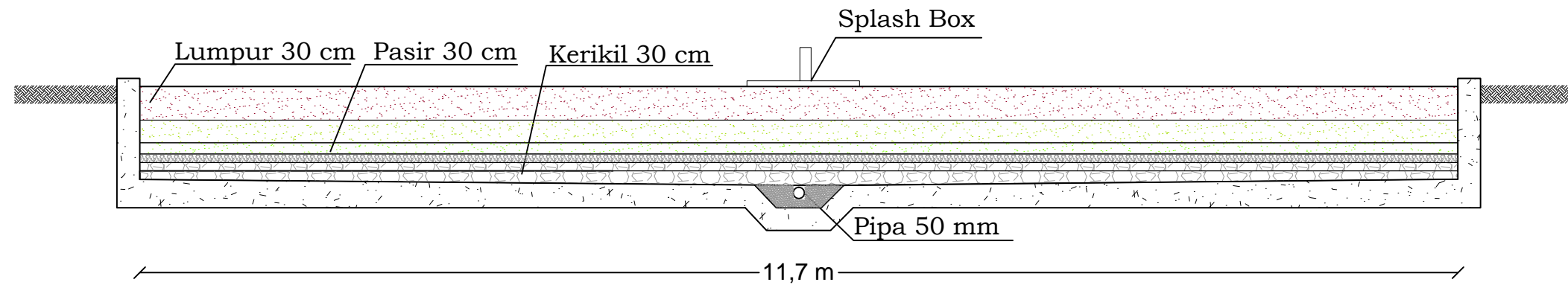
1 : 200

NO.GAMBAR

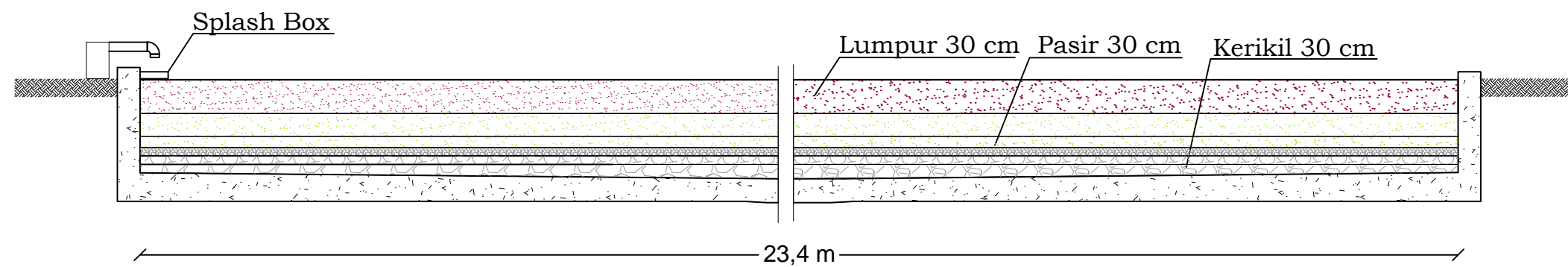
32




DENAH SLUDGE DRYING BED



 POTONGAN A-A' SLUDGE DRYING BED



 POTONGAN B-B' SLUDGE DRYING BED



**TEKNIK LINGKUNGAN
FTSLK - ITS
2018**

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JUDUL GAMBAR

POTONGAN SLUDGE DRYING
BED

MAHASISWA

IQBAL FAHMI DARMAWAN
03211440000032

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono,
Dipl.SE., M.Sc., Ph.D

LEGENDA

SKALA

1 : 50

NO.GAMBAR

33